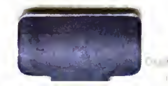


Corallogene phosphat-inseln Austral-Oceaniens und ihre ...

Carl Elschner







Corallogene Phosphat-Inseln Austral-Oceaniens

und ihre Produkte.

Beitrag zur Kenntnis der Korallen-Inseln Austral-Oceaniens, unter besonderer Berücksichtigung Naurus, eines Repräsentanten dolomitisierter und phosphatisierter gehobener Atolle.

Für Phosphat- und Superphosphat-
Interessenten, Geologen, Chemiker
und Forschungsreisende

bearbeitet von

Carl Elschner, Ingenieur-Chemiker
Hamburg, Griesstraße 9.



1913.
Verlag Max Schmidt,
Lübeck.

Druck von Max Schmidt, Lübeck.

Vorwort.

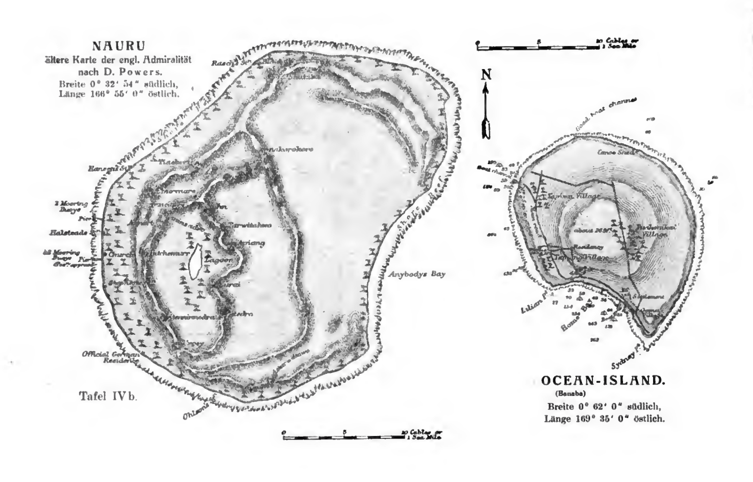
Nachstehende kleine Arbeit übergebe ich hiermit der Öffentlichkeit. Ich gebe damit die Beobachtungen wieder, die ich während einer längeren Tätigkeit im und am Stillen Ozean sowohl im Betriebe von Phosphatwerken und Superphosphatfabriken, als auch auf Expeditionen gemacht habe.

An dieser Stelle möchte ich nicht verfehlen, dem Reichskolonial-Amt für die mir gewährte Beihülfe zur Veröffentlichung der Arbeit, sowie allen denjenigen Herren, die für dieselbe Interesse zeigten und mir ihre Unterstützung angedeihen ließen, verbindlichst zu danken.

Die außerordentliche Kürze der Zeit, die mir zur Bearbeitung meiner Schrift in den Gießener Instituten zur Verfügung stand, wird zweifellos manche Mängel gezeitigt haben; ich bitte deshalb den Leser um gütige Nachsicht.

Gießen und Hamburg, Februar 1913.

Der Verfasser.


NAURU
ältere Karte der engl. Admiralität
nach D. Powers.
Breite 0° 32′ 54″ südlich,
Länge 166° 55′ 0″ östlich.
Anybodys Bay
Lagoon
Church
Official German Residence
Halsteads
2 Mooring Buoys
Pier
N
OCEAN-ISLAND.
(Banaba)
Breite 0° 62′ 0″ südlich,
Länge 169° 35′ 0″ östlich.
Canoe Shed
Residency
Home Bay
Lilian P.
Sydney P.
Good boat channel
0
5
10 Cables or 1 Sea Mile

Tafel IVb.

I. Kapitel.

Allgemeines über Phosphate.

Einleitung. Glaubte man in den 90er Jahren des verflossenen Jahrhunderts, daß mit der allmählichen Erschwerung der Gewinnung von Florida Hardrock-Phosphat eine Knappheit an hochgrädigen, erstklassigen Phosphaten in Aussicht stand, so setzte doch die bald erfolgende Entdeckung neuer Ablagerungen auf der Christmas-Insel, in der Nähe von Java, und besonders in der Südsee den Düngemittelinteressenten in Erstaunen, zunächst durch die Güte ihrer Produkte, die das Florida-Phosphat an Gehalt an phosphorsauren Kalk, sowie durch den Mangel an unerwünschten Bestandteilen und Beimengungen weit übertrafen.

Man kannte bereits Südseephosphate von anderen Inseln; es waren sogar Schiffsladungen mit vorzüglicher Ware in früheren Jahren nach Europa gebracht worden, doch waren dieselben entweder ungleichmäßiger in ihrer Zusammensetzung oder aber die Qualität ließ im Laufe der Jahre rapide nach.

Von den heute im Großbetrieb befindlichen Inseln der Südsee kam zunächst Ocean-Island-Phosphat (1901) auf den Markt; dann folgte Nauru (1906). Diese beiden Inseln werden durch die engl. Pacific-Phosphate-Co., Ltd., London betrieben.

Vor wenigen Jahren nahm die Deutsche Südsee-Akt.-Ges., Bremen, die Gewinnung von Phosphat auf Angaur in den Palaus auf; endlich folgte die Compagnie des Phosphates de l'Océanie mit Makatea in der Paumotu-Gruppe. Ocean-Island gehört zu den englischen Gilbert-Inseln; Nauru ist deutsch und wird politisch zu den Marshall-Inseln gerechnet, während Angaur westlich von den Karolinen in der deutschen Palaugruppe liegt und Makatea zu Frankreich gehört. Alle übrigen Phosphatinseln der Südsee halten z. Zt. keinen Vergleich mit diesen vier Inseln aus. (Christmas-Island in der Jawa See wollen wir hier ausschließen, da es nicht zum Stillen Ozean gehört.)

Es ist eigentümlich, daß sich das Interesse an der deutschen Kolonialsache hauptsächlich auf unsere afrikanischen Besitzungen erstreckt; dann

folgen Samoa und Kiaotschau; von Neu-Guinea und Melanesien weiß man im deutschen Vaterlande nur sehr wenig, und bei den diesem letzteren Gouvernement angegliederten, von einem höheren Beamten (Bezirks-Amtmann) verwalteten Karolinen, Marshall-Inseln, Marianen und Palaus ist noch heute eine Unkenntnis und Interesselosigkeit im deutschen Vaterlande vorhanden, die dieser Teil unseres Kolonialbesitzes nicht verdient. Erst während der allerletzten Jahre drang nähere Kunde über die Reichtümer der Phosphatinseln nach Deutschland; hauptsächlich die Offiziere der Kriegsschiffe und Handelsdampfer regten dazu an, sich etwas mehr mit der Südsee und besonders der deutschen zu beschäftigen. Beherbergt doch unser Südsee-Besitz mit Nauru eine der interessantesten Inselchen, die die Aufmerksamkeit des Kaufmannes, des Technikers, des Nationalökonomen, Kolonialmannes, Forschers, Geologen und Geographen in bedeutendem Maße hervorrufen sollte. Seine eigenartige Gestaltung: die einer gehobenen Koralleninsel mit einem dieselbe umgebenden Flachland, das dann weiter durch ein steil abfallendes Riff umgürtet ist, ferner die Umwandlung seiner Korallensubstanz, des kohlensauren Kalks in Dolomit (fast Normaldolomit), und damit vielleicht ein für eine reine Koralleninsel verhältnismäßig hohes Alter (das auch durch die vorhandenen Fossilien erwiesen ist) dokumentierend, der eigenartige Anbau weiterer Korallenriffe um eine Kernlagune und die geologische Geschichte der Entstehung der Insel, dann aber seine beispielslos dastehenden phosphatischen Ablagerungen, gewaltig in ihrer Menge, unübertroffen in Qualität, von einem Geldeswert, wie er sich wohl auf keiner so kleinen Landesfläche konzentriert — dies Alles muß lebhaftes Interesse nach verschiedenen Richtungen hin in hohem Maße erwecken.

Es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß die nächsten Jahre uns die Entdeckung neuer Ablagerungen hochgradiger Phosphate von durch Guanobestandteile imprägnierter Koralle bringt, d. h. solcher, die sich durch Umsetzen phosphatischer Lösungen, entstanden durch Einwirkung von Wasser auf mehr oder weniger zersetzte Vogelexkremente, mit den Karbonaten der Koralle gebildet haben, als deren bester Repräsentant zunächst das Nauru-Phosphat anzunehmen ist. Ob es noch ein »zweites Nauru« gibt, muß allerdings bezweifelt werden.

Auch die Dolomitisierung der Koralle und die Beziehungen der phosphatischen Lösungen zu dem dolomitisierten Korallendébris, und das Verschwinden der Magnesia aus dem Phosphat ist von großem Interesse für die Bildung der Phosphatläger; ich hoffe, daß die vorliegende Arbeit einiges Bemerkenswertes für die weitere Kenntnis der ursprünglichen und veränderten Korallen der Riffe, besonders aber der gehobenen Koralleninseln, enthält.

Zum besseren Verständnis halte ich es für angebracht, ehe ich mich auf das Spezialgebiet der hochgradigen, d. h. mindestens 83 %igen Südsee-

phosphate begebe, zunächst einen allgemeinen kurzen Überblick über die Chemie der Phosphate und deren Entstehung zu geben, voraussetzend, daß die hauptsächlichsten im Handel befindlichen Qualitäten dem Leser aus dem Minen- oder Fabrikbetrieb, oder wenigstens aus der Literatur und aus Sammlungen bekannt sind.

Über tierische und mineralische Phosphate.

a) Knochenphosphat.

Den Pflanzennährstoff »Phosphorsäure« finden wir in verschiedener Verbindungsform in der Natur fertig gebildet vor; z. B. als phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Tonerde, phosphorsaure Magnesia, zweibasisch phosphorsauren Kalk und andere Körper. Die wichtigste Verbindung für die Düngerfabrikation ist jedoch der dreibasisch phosphorsaure Kalk $Ca_3 P_2 O_8$, derselbe Stoff, der im menschlichen und tierischen Körper als »Knochensubstanz« vorhanden ist. Im Englischen pflegt man sogar den Gehalt eines Phosphats an $Ca_3 P_2 O_8$ in Prozenten »Bone Phosphate of Lime« zu bezeichnen, um damit auszudrücken, daß der anorganische Teil der Knochen identisch ist mit dem wertbestimmenden Bestandteil der Mineral-Phosphate. Dennoch muß ein wesentlicher und scharfer Unterschied gemacht werden zwischen dem Calciumphosphat der Knochen und dem der Mineralphosphate, die sich durch Aufnahme verschiedener chemischer Verbindungsgruppen in ihren Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung verschieden verhalten.

Der anorganische Bestandteil der Knochen besteht im wesentlichen aus Kalk, Phosphorsäure und Kohlensäure; in geringen Mengen kommen darin vor: Magnesia, Chlor, Fluor; letzteres ist in den Zähnen am reichlichsten vorhanden, die deshalb in Fossilien, der größeren Unlöslichkeit des fluorhaltigen Phosphates wegen, meist eine gute Erhaltung aufweisen, aber auch dort übersteigt der Prozentgehalt von Fluor nie einige Zehntel Prozent.

Merkwürdigerweise ist, wenn nicht pathologische Deformationen vorliegen, das prozentuale Verhältnis von Kalk, Phosphorsäure und Kohlensäure von außerordentlicher Gleichmäßigkeit, und zwar in allen Knochen, so daß Hoppe-Seyler (Physiol. Chemie 1881, 104) sich veranlaßt sah, für das Knochenphosphat die einheitliche Formel 3 $(Ca_3 P_2 O_8)$ $Ca CO_3$ =

```
                                  PO4
                             —     |     —
                      Ca           |          Ca
                 —                 Ca              —
        PO4                        |                    PO4
    —        —                     |               —          —
Ca                    Ca          CO3         Ca                    Ca
    —        —                     |               —          —
        PO4                        |                    PO4
                 —                 Ca              —
                      Ca           |          Ca
                             —     |     —
                                  PO4
```

anzunehmen.

b) Mineralisierte Phosphate.

Nächst dem gefällten hydratischen, voluminösen Tricalciumphosphat ist das Knochenphosphat 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca CO_3$ diejenige Form der $Ca_3 P_2 O_8$ haltigen Verbindungen, welche in wässerigen Flüssigkeiten, wie CO_2 haltigem Wasser, Salzlösungen, schwachen organischen Säuren, am leichtesten löslich sind, im scharfen Gegensatz zu den Körpern apatitartiger Konstitutionsformel:[1]) 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) CaO, 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca Cl_2$, 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca Fl_2$, in welche allerdings in fossilen Knochen 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca CO_3$ gänzlich oder teilweise übergegangen sein kann. Mineralisierung der Phosphatsubstanz tritt ein, wenn dieselbe in dauernde Berührung mit Fluor, vielleicht auch chlorhaltigen Flüssigkeiten — letztere wohl nur unter bestimmten, noch nicht genügend erforschten Voraussetzungen — (oft auch in Verbindung mit eisenhaltigen Flüssigkeiten) kommt, oder aber, wenn durch teilweise Weglösung der Knochensubstanz in Bodenwässern wesentlich ein Rückstand von 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca O$ sich bildet. Über die Bildung dieses und ähnlicher CaO haltiger Phosphate und die Lösungsprodukte des Tricalciumphosphats werde ich weiter unten eingehend berichten. Auch tritt an Stelle des $Ca O$ sehr häufig $Ca (OH)_2$, so daß 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca (OH)_2$ entsteht.

Während die »Bonebeds« von Säugetierresten von keinem praktischen Wert für den Superphosphatbetrieb sind, haben sich die Fischknochen und andere Fischreste (Coprolithen von Fischen) im Verein mit anderen organischen Ablagerungen, die als Algier- und Tunis-Phosphat in den Handel kommen, eine große Bedeutung für die Kunstdüngerindustrie verschafft. Sie enthalten, wie die meisten Phosphate, Fluorcalcium, doch erreicht der Gehalt kaum den der Florida-, Tennessee- etc. Phosphate von demselben Phosphorsäuregehalt. Man kann, da die nordafrikanischen Phosphate neben mechanisch beigemengtem kristallinischen kohlensauren Kalk unzersetzte Knochensubstanz enthalten, dieselben vielleicht als nach der Formel: $3\,(Ca_3 P_2 O_8) \begin{pmatrix} Ca\ O \\ Ca\ CO_3 \\ Ca\ Fl_2 \end{pmatrix}_1$ ansprechen, in denen sich gegenseitig völlig oder teilweise die letztgenannten Bestandteile ersetzen können. Bei manchen Phosphaten, besonders dem sog. Chlorapatit, kann an Stelle eines oder mehrerer oder selbst aller dieser Gruppen $Ca Cl_2$ treten. Dazu kommen noch Phosphate mit weniger $Ca O$ als obiger Formel entspricht, die z. T. wasserhaltig sind.

---

[1]) Es wäre selbstverständlich richtiger, die Formeln wie folgt zu schreiben: $Ca_{10} P_6 O_{24} Cl_2$, oder $Ca_5 P_3 O_{12} Cl$, $Ca_{10} P_6 O_{24} Fl_2$, oder aber etwa $Ca_5 (PO_4)_3$ (OH, Cl, Fl), d. h. das Cl und Fl als Ersatz des Hydroxyl; in der Folge wird jedoch, besonders für den Nichtchemiker, die obengenannte Angliederungsformel übersichtlicher und verständlicher erscheinen und ist sie deshalb beibehalten.

Tafel IVª.



♁	Kaiserl. Station.	D	Niederlassung d. Phosphat Co.
♁	Missionen.	E	Phosphatland z.Zt. in Bearb.
A	Lagune (Buada).		
B	Landungsbrücken.		
C	Teiche.		

0 500 1000
m

Auch Koprolithen, Guano- und andere Phosphate machen ähnliche Änderungen durch, die schließlich zu der Formel 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) (Ca O, Ca Fl_2) führen; die organische Substanz erleidet dann eine erhebliche Umwandlung. So bildet sich z. B. aus den aus Fischknochen, Wirbeln und Koprolithen etc. bestehenden Algier-Phosphaten erdölartiges, asphaltisches oder wachsartiges Bitumen, welches stickstoffhaltige Basen und andere stickstoffhaltige Körper enthält (die aber als Düngemittel wertlos sind) und die den beim Aufschließen entweichenden Gasen einen zwiebelartigen (oft mercaptanartigen) Geruch verleihen, oder aber, unter bestimmten Voraussetzungen geht der Stickstoff in Salpeter über; der größte Teil ist jedoch wohl verloren gegangen.

Es sei kurz erwähnt, daß beim Fehlen der Bedingungen zur Mineralisierung des Knochenphosphats, wenn ferner keine Vegetation die Phosphorsäure mit dem Stickstoff verbraucht, ein kompakter Knochen sich fast unbegrenzt unzersetzt hält, so daß man sogar aus Knochen, die in diluvialen Schichten gefunden worden waren, nach dem Entfernen des phosphorsauren Kalks aus dem Kollagen noch Leim hergestellt hat.[1])

Obgleich die Vogel- und Fischknochen in den Phosphaten der Südsee nur eine ganz und gar nebensächliche Bedeutung haben, so sind sie, da bei Auslaugung und sonstigen Veränderungen der Guanos ähnliche und z. T. analoge Verhältnisse herrschen, doch eingehender behandelt, weil ihr Mineralisierungsvorgang in weniger komplizierter Weise zu erklären ist.

Abgesehen von den korallogenen australozeanischen Guanophosphaten muß darauf verzichtet werden, die übrigen Rohphosphate an dieser Stelle einer eingehenden Besprechung zu unterziehen. Es mag erwähnt sein, daß in Kalkphosphatlösungen verhältnismäßig geringe Mengen Fluorverbindungen imstande sind, die Abscheidung von Phosphat zu beschleunigen.

Man mag dabei berücksichtigen, daß phosphorsaurer Kalk in großen Wassermengen, zumal in Gegenwart von Kohlensäure und unter Druck, eine verhältnismäßig bedeutende Löslichkeit aufweist, nach Aufhören des Drucks (z. B. bei Zutagetreten der Wasser), findet (wie bei phosphatischen Stalactiten in Höhlen Nauru's) eine Ablagerung des Phosphats statt, die besonders begünstigt wird durch Gegenwart von Fluorverbindungen.

Von den wichtigen »modernen« Phosphaten, d. h. den jetzt im Welthandel befindlichen, sind die Tennessee-, Florida-, Utah-, Wyoming- und Idaho-Phosphate stark fluorhaltig und entsprechen, wenn man von den Accessorien absieht, nahezu der Formel 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca Fl_2, wobei oft

---

[1]) Ein von L. G. Eakins untersuchter Dinosaurusknochen enthielt 2.12 % Fluor. Die Mineralisierungsbedingungen waren hier also gegeben. Verfasser hat in Höhlenknochen türkischen Ursprungs ebenfalls erhebliche Fluormengen nachgewiesen.

nur wenig $Ca Fl_2$ durch $Ca O$ oder $Ca Cl_2$ ersetzt ist; unter Umständen ist ein Überschuß von $Ca Fl_2$ vorhanden.[1])

Als »Chlorapatit«artige Phosphate sind im Handel noch (wenn auch in geringen Mengen) der norwegische Apatit und der teilweise fluorhaltige spanische (Estramadura) Phosphorit vorhanden; oft enthalten Phosphate (besonders belgische, dann auch manche Florida-Phosphate) Jod, das sich jedoch im Chlorapatit merkwürdigerweise nicht findet, auch nicht in Südseephosphaten, ebenso konnte Verfasser niemals Brom in Phosphaten nachweisen, so eifrig er danach auch suchte.

Es mag schon jetzt erwähnt werden, daß nahezu alle südseeischen Guanophosphate mehr oder weniger als zur Phosphatformel $3 (Ca_3 P_2 O_8)$ $Ca O$ gehörig zu betrachten sind, bei denen allerdings ein geringer oder größerer Teil des $Ca O$ durch $Ca Fl_2$ oder $Ca (O H)_2$ ersetzt sein kann, während die phosphatischen Guanos kalkärmer sind.

Wie bemerkt, ist die Bildung des chlorcalciumhaltigen natürlichen Phosphats noch unbekannt; da gechlortes Phosphat in den zu besprechenden Phosphaten nicht vorkommt, so sei nur kurz erwähnt, daß sich eine Verbindung $4 (Ca_3 P_2 O_8) Ca Cl_2$ künstlich durch Fällen eines löslichen Phosphats mit überschüssiger Chlorcalciumlauge darstellen läßt. Die Eigenschaften dieser Verbindung hier zu verfolgen, dürfte unnötig sein. In Hinsicht auf die Entstehung der $Ca O$ haltigen, wenn man diejenigen mit einem Überschuß von $Ca O$ über den dreibasisch phosphorsauren Kalk so bezeichnen darf, muß man sich folgenden Vorgang vor Augen führen: Fein verteilter dreibasisch phosphorsaurer Kalk wird, unter Erneuerung des gesättigten, für längere Zeit mit Wasser ausgezogen. Die Lösung enthält, neben Kalk, auch Phosphorsäure, ist aber phosphorsäurereicher als der dreibasisch phosphorsaure Kalk, ja sie zeigt in ihrem chemischen Verhalten saure Eigenschaften. Der Rückstand enthält mehr $Ca O$, als der Formel $Ca_3 P_2 O_8$ zukommt, und zwar sollen hauptsächlich drei Formen $Ca O$ haltigen Phosphats existieren:

$$3 (Ca_3 P_2 O_8) Ca (O H)_2$$
$$5 (Ca_3 P_2 O_8) Ca O$$
$$4 (Ca_3 P_2 O_8) Ca O$$

Zweibasisch phosphorsaurer Kalk zeigt die Auslaugerscheinungen noch stärker, er zerfällt bei längerer Einwirkung des Wassers einerseits in $Ca_3 P_2 O_8$, aus dem dann schließlich die obengenannten noch unlöslicheren Verbindungen resultieren, und Monocalciumphosphat, in der Lösung. — Bei Bildung corallogener Phosphate mag erwähnt sein, daß

[1]) Clarke gibt in seiner Geochemistry Analysen von Wyomingphosphaten mit verhältnismäßig geringen Fluormengen an, so daß danach diese Phosphate mehr zu dem Typ $3 (Ca_3 P_2 O_8)$ $Ca O$ als zu $3 (Ca_3 P_2 O_8)$ $Ca Fl_2$ hinneigen. Ich habe speziell Cokeville- und Sage-Phosphate längere Zeit bearbeitet und stets weit größere Fluormengen als im Clarke'schen Buch angegeben wird, gefunden.

die Lösewasser (von saurer Natur) dann weiter auf die unterliegende Koralle eingewirkt und dieselben imprägniert haben, indem sie dieselben in Phosphate verwandelt.

Es mag hier konstatiert werden, daß, je jünger die phosphatischen Guanos sind, auch der Fluorgehalt[1]) ein geringer ist — natürlich nur im allgemeinen gesprochen, da lokale Ursachen von großer Bedeutung sind —, so daß die älteren Guanophosphate, wie Nauru-, noch mehr Ocean-Island-Phosphat, immerhin erheblich fluorreicher als z. B. Baker-, Malden- und Enderburg-Phosphat sind, die fast stets nur ca. $^{1}/_{2}$ % Fluorcalcium, oft noch weniger aufweisen.

Bei Besprechung der Zusammensetzung der Phosphate möchte es vielleicht interessieren, daß sich der dreibasisch phosphorsaure Kalk auch in anderen Verhältnissen mit Fluorcalcium und kohlensaurem Kalk als in den erwähnten, verbindet. Als die hauptsächlichsten Phosphate, die z. B. Tschirwinsky erwähnt, mögen genannt sein:

Apatit 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca Fl_2
Podolit 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca CO_3
Dahllit 2 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca CO_3
Francolit 5 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca CO_3 2 (Ca Fl_2)
Staffelit 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) 2 (Ca CO_3) Ca Fl_2

Es scheint, daß der Staffelit resp. das am Staffel vorkommende Mineral in der Zusammensetzung wechselt; Koßmann fand die hellgrünen kristallinischen Offheimer Phosphate als aus 5 ($Ca_3 P_2 O_8$) 2 (Ca Fl_2) bestehend. Es enthält dieses Mineral also mehr Fluor als der Apatitformel entspricht.

Es mag dabei noch erwähnt sein, daß A. Carnot (Comp. rend. 1896)[2]) ca. 80 verschiedene Proben Phosphate verschiedener Herkunft, vom Silur bis zum jüngeren Tertiär, untersuchte und hat sich dabei herausgestellt, daß zuweilen der Fluorgehalt den des 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca Fl_2 übersteigt.

Nach Carnot ist der Transport des Calciumphosphats und des Fluorcalciums wohl unter Inanspruchnahme von Ammoniumcarbonat vor sich gegangen, wobei in Wechselwirkung mit Alkalifluoriden (z. B. das Seewasser, von Sickerwässern etc.) das Fluor sich als integrierender Bestandteil von 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca Fl_2 angliederte oder aber, wenn man bei Aufnahme von mehr Ca Fl_2 nicht mechanische Beimengung von Ca Fl_2 zu 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca Fl_2 annehmen will, sich fluorreichere Phosphate bildeten, wie das oben erwähnte Phosphat Koßmanns. Diese Prozesse des Fluoritisierens werden durch wiederholte Behandlung: Konzentrieren und Eintrocknen mit der einwirkenden Lösung beschleunigt und damit das Fluoritisieren (oder

[1]) Das Meerwasser des Atlantischen Ozeans enthält nach Carnot (Annales des Mines 1893) im Kubikmeter 0,822 g Fluor, das wohl die Quelle des Fluorgehalts vieler Phosphate ist.

[2]) Sur te mode de Formation des gîtes sédimentaires de phosphate de chaux.

Mineralisieren) vollständiger, und zwar, wie erwähnt, oft über die Apatitformel hinaus, erreicht. Carnot glaubt sich zu der Annahme berechtigt, daß die Phosphatlagerstätten sich im allgemeinen als Strandbildungen und Lagunenfüllungen charakterisieren. In den Annal. chimiques anal. appl. III, 82—83, beschreibt Carnot einen Laboratoriumsversuch: Mineralisierung durch Fixierung von Fl auf Knochen.

An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, daß mir bei Untersuchung von Florida-Phosphaten während meines Aufenthaltes in Florida (1895/97) der zuweilen höhere Gehalt an Fluorcalcium (Chlor ist ja darin wenig vorhanden) als 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca Fl_2$ entspricht, auffiel. Damals unbekannt mit Carnots Arbeiten, habe ich dies erst 1900 in Form von typischen Analysen veröffentlicht. Ob sich überhaupt fluoritisiertes Phosphat noch aus 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca O bilden kann, oder wenn dies möglich ist, zu welchem Grade dies geschehen kann, diese Frage ist eine noch offene; ihre Beantwortung, so interessant sie wäre, ist jedoch für die Behandlung der gegenwärtigen Arbeit nicht notwendig, so daß vorläufig auf diesbez. anzustellende Versuche verzichtet werden kann, da ja die korallogenen Phosphate der austral-ozeanischen Inseln bei weitem nicht so viel Fluor enthalten als 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) $Ca Fl_2$ entspricht.

c) Guanos (Vogelexkremente) als Ursprungssubstanz für Phosphate (phosphatische Guanos und Guano-Phosphate).

Als im Anfang des vorigen Jahrhunderts Alexander von Humboldt die ersten Proben Guano von Peru nach Europa brachte, war man sich, trotz der Empfehlung dieses Düngemittels durch hervorragende Chemiker (wie Vauqnelin, Klaproth) wohl kaum klar, daß der Guanohandel, der sich bis in die 1850er Jahre in den bescheidensten Grenzen bewegte, die Grundlage der jetzigen ausgedehnten Düngerindustrie werden würde.

Obgleich die jetzigen Guanos Bildungen und Ausscheidungen tierischer Art, meist Vogelexkremente, sind, so haben doch viele Ablagerungen ganz den Charakter der Gesteine angenommen und können zu den Fossilien gerechnet werden. Die Substanz der älteren Guanos hat zweifellos eine andere Beschaffenheit angenommen, als sie sich in frischdeponierten Vogelexkrementen darbietet.

Die echten Guanos, z. B. der Peru-, Damaraland-Guano etc. verdanken die Erhaltung ihrer organischen Substanz dem Mangel an Regen an den Orten ihres Vorkommens.

Auf den Phosphatinseln der Südsee, die Regenfällen in starkem Maße ausgesetzt sind, kommen andere Faktoren zur Geltung. Die organische Substanz verschwindet und die mineralische bleiben zurück: phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, Magnesiasalze, Eisennoxyd und Tonerde, kieselsaurer z. T. auch schwefelsaurer Kalk. Es muß dabei aber bemerkt werden, daß diese Stoffe zum Teil in Wechselwirkung mit

dem unterliegenden Gestein treten und sich andere Formen von Körpern bilden, als dem reinen Guanorückstand entsprechen würde.

Es mag vielleicht interessieren, was als Bericht eines Augenzengen Herm. Voss über die Produktion an frischen Exkrementen schreibt (Peruvian Guano, a retrospect, von Herm. Voß), wenn auch auf den äquatorialen und nördlichen Inseln andere Vogelarten als in Peru vorherrschen.

»Die Deposits von Lobos de Afuera sind unbearbeitet für einige Jahre geblieben, bis Mitte 1879, und die Vögel kehrten wieder zu ihren alten Brutplätzen zurück. Ich stattete meinen Besuch auf diesen Inseln während des März genannten Jahres ab. Die Pelikane waren damals auf einer schon teilweise gebildeten Ablagerung versammelt, und auf der Oberfläche desselben brüteten sie und zogen sie ihre Jungen groß. Die Nester, bestehend aus einem Kreis von trockenem Seegras und anderem zusammengesuchten Baustoff, schien mehr zu dem Zweck konstruiert zu sein, jeden Pelikans Eigentum zu umgrenzen, oder die Eier vom herabrollen in die See zu bewahren, als komfortable Behälter für die jung ausgekommenen Küken zu bilden. Sie waren dicht neben einander gelegen; sogar so, daß in der Tat ein sich aus der sitzenden Positur erhebender alter Vogel nicht aufstehen konnte, ohne den einen oder anderen Nachbar zu inkommodieren.

Die meisten Eier waren schon ausgebrütet und die ganze große Gesellschaft von Pelikan-Vätern und -Müttern war früh und spät beschäftigt, ihre Sprößlinge mit der nötigen Nahrung zu versorgen: Fische selbstverständlich. In der ersten Zeit waren die Kleinen zu schwach, um aus ihrem anscheinend ihnen angenehmen Kreis herauszukommen und sie beschäftigten sich den lieben langen Tag ausschließlich mit Essen und Verdauen.

Als sie jedoch stärker wurden, begannen sie sich umherzubewegen, aber beschränkten sich auf das Gebiet, auf dem sie ausgebrütet waren, auf diese Weise unbeabsichtigt die Abgrabungsarbeiten der Guanogesellschaft erleichternd. Die jungen Vögel warfen aus, was ihre enormen Schnäbel gerade enthielten, wenn man sich ihnen näherte. Ein junger Vogel, der noch nicht fliegen konnte, erbrach in meiner Gegenwart fünf große Heringe. Einer der schon mehr entwickelten jungen Vögel, der noch nicht fliegen konnte, wog über 19 Pfund. Ich verließ die Inseln im April 1879 und kehrte im Juni desselben Jahres zurück und fand noch immer junge Vögel paradierend; und schließe auf eine Brutzeit von etwa zwei Monaten.«

Man kann sich daraus ein Bild machen, welche Mengen tierischer Exkremente im Laufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden sich durch viele Tausende von Seevögeln anhäufen mußten. Obiger Bericht ist auch interessant für die Erklärung der Entstehung so gewaltiger Phosphat-

mengen, wie sie die Inseln der Südsee aufweisen; man kann rechnen, daß ein Seevogel jährlich 25–50 Pfund Exkremente produziert.

Beispiel der Zusammensetzung eines Chinchas Guanos (nach Karmrodt):

in Wasser lösliche Bestandteile	Harnsaures Ammoniak	12,74	
	kleesaures „	13,60	
	Stickstoff und schwefelh. organ. Subst.	3,61	
	phosphorsaures Ammon.-Magn.	4,00	
	phosphorsaures Ammon	0,90	
	schwefelsaures Ammon	1,82	
	Chlorammon	1,55	
	schwefelsaures Kali	3,30	
	Chlornatrium	2,44	43,96
in Wasser unlösliche Bestandteile	Harnsäure	21,14	
	Harz	1,11	
	Fettsäuren	1,60	
	Stickstoff und schwefelh. organ. Subst.	2,29	
	phosphorsauren Kalk	18,22	
	phosphorsaures Eisen	1,04	
	Kieselsäure	0,64	46,04

Wie angedeutet, haben natürlich die Exkremente der fischfressenden Seevögel in regenreicheren Zonen ein ganz anderes Schicksal als auf den eigentlichen (ariden) Guanoinseln erlitten; bei Gelegenheit der Besprechung Naurus soll noch darauf zurückgekommen werden.

Die ausgelaugten, d. h. ihrer löslichen Salze und des größten Teils ihrer organischen Substanz durch Regen (und auch Seewasser) beraubten Guanos und der teilweise in Di- und Tricalciumphosphat umgewandelten Koralle möchte ich, zum Unterschiede von den fertig gebildeten älteren Phosphaten, die durch Infiltration von phosphatischen Lösungen (aus Guano) in Korallen und Mineralisierung entstanden sind (Guano-Phosphate) mit dem Namen phosphatische Guanos zusammenfassen, obgleich eine scharfe Grenze nicht zu ziehen ist.

d) Phosphatische Guanos.

Die die niedrigen Koralleninseln des Pacifischen Oceans noch heute belebenden Vogelschwärme, die sich teilweise nur einen Teil des Jahres dort aufhalten, produzieren im Laufe von Jahren, Jahrzehnten und vielleicht Jahrhunderten in Form ihrer Exkremente große Mengen Guano. Die Inseln Gaspar rico (Marshall-Ins.) Faju, Makür, Laysan Island (nördl. der Hawaigruppe) und andere, die von Möwen aller Art, Goonies, Bootsmännern, Tauchern, Fregattvögeln usw. dicht bevölkert sind, sind ein Beispiel dafür. Ein großer Teil des Guanos wird von den niedrigen

Inseln durch die heftigen Regengüsse und Meereswogen fortgespült. Der Rest vermischt sich meist mit überwaschendem Korallensande (größtenteils $Ca\ CO_3$).

Die organische Substanz zersetzt sich bald und entweicht teilweise in gasförmigen Zustand, teilweise wird sie mit anderen löslichen Bestandteilen der Exkremente extrahiert und wird dann in das Meer oder in etwa vorhandene Lagunen fortgeführt, soweit sie nicht zur teilweisen Phosphatisierung der beigemischten oder unterliegenden Korallensubstanz dienen; zum Teil haben Infiltrationen in unterliegende Silicate, hauptsächlich Tonerde, Eisenoxyd und Magnesia-Verbindungen stattgefunden und Eisenphosphate, Aluminiumphosphate etc. gebildet.

Oftmals haben sich aus den Mischungen phosphatischen Guanos, Korallensand und Korallenbruchstücken mehr oder weniger harte Felsen gebildet, teilweise ist diese Mischung lose geblieben. Die großen Ablagerungen von 30—50 %igem Phosphat, das noch immer bis zu $1\frac{1}{2}$ % Stickstoff enthält, ist gewissermaßen wertlos, weil zu teuer für den Export. Diese großen verstreuten Mengen phosphatischen Nährstoffs, die unserer Industrie ihrer ungenügenden Qualität wegen verloren gehen, zeugen jedoch von der bedeutenden Guanoproduktion der dort lebenden Vögel.

Aus diesen phosphatischen Guanos, die gewissermaßen eine Zwischenstufe zwischen Exkrementen und Mineral vorstellen, bilden sich im weiteren Verlaufe die sog. Guanophosphate, deren Endprodukte im wesentlichen die anfangs dieses Kapitels (b) genannten Mineralphosphate sind. Es sei noch bemerkt, daß viele phosphatische Guanos Magnesiumphosphat und Dicalciumphosphat enthalten, während der Fluorgehalt meist sehr gering ist. Sie zeigen oftmals größere Löslichkeit in Ammoncitrat.

Wir müssen die Vogelexkremente, nachdem sie ihren Gehalt an löslichen Salzen und organischer Substanz verloren haben, im großen und ganzen als Mischungen von dreibasisch phosphorsaurem Kalk und zweibasisch phosphorsaurem Kalk ansprechen; natürlich kommen Verunreinigungen verschiedener Art dazu. Es enthalten die Mexikanischen Phosphate aus dem Golf von Kalifornien bis zu $^2/_3$ des Gesamtphosphorsäuregehalts als $Ca\ H\ PO_4$; auch die Baker Isl., Malden, Enderburg u. a. Phosphate enthalten 12—35 % $Ca\ H\ PO_4$ neben viel $Ca_3\ P_2\ O_8$. (Primärer phosphatischer Guano).[1])

Dieser zweibasisch phosphorsaure Kalk, der eine gewisse Löslichkeit in Wasser aufweist, zumal in an Kohlensäure und an organischen Salzen reichen aufweist, kann mit dem unterliegenden Korallenkalk unter Freiwerden von CO_2 nur $Ca_3\ P_2\ O_8$ bilden; in sehr verdünnten Lösungen zerfällt $Ca\ H\ PO_4$ in Monocalciumphosphat und Tricalciumphosphat, wenn

[1]) In einigen dieser Phosphaten, von denen Verf. die des Golfs von Californien näher kennt, findet sich oftmals ein erheblicher Gehalt an $Mg_2\ P_2\ O_7$ vor.

auch diese Umsetzung unvollständig vor sich geht und **umkehrbar** ist. $Ca\,H_4\,P_2\,O_8,\ H_2\,O + Ca_3\,P_2\,O_8 + 7\,H_2\,O$. (auch umkehrbar) gleich:

$$4\,(Ca\,H\,P\,O_4.\ 2\,H_2\,O).$$

Das so entstandene Monocalciumphosphat muß eine außerordentlich kräftig zersetzende (saure) Wirkung auf den beigemengten oder unterliegenden kohlensauren Kalk ausüben und Veranlassung zum Phosphatisieren der Koralle geben (sekundärer, in der Hauptsache aus $Ca_3\,P_2\,O_8$ bestehender phosphatischer Guano).

II. Kapitel.

Die Phosphat-Insel Nauru.

Allgemeines. Politisch gehört Nauru zu den deutschen Marshall-Inseln; es ist der Sitz eines Kaiserlich-deutschen Stationsleiters, der dem kaiserlichen Bezirksamt zu Ponape (Karolinen) untergeordnet ist. Diese Inseln unterstehen dem Neu-Guinea-Gouvernement.

Auf der Insel wohnen ca. 1200 Eingeborene, die Eigentümer der Phosphatländereien sind.

Die Eingeborenen sind ein schöner, kräftiger Menschenschlag, intelligent; sie gehörten in der vordeutschen Periode zu den kriegerischsten Stämmen der Südsee; sie bildeten eine Anzahl kleiner Dorfstaaten, die sich gegenseitig heftig befehdeten. Die Gegensätze sind heute, seit die Eingeborenen entwaffnet sind, ausgeglichen; sie leben friedlich unter deutschem Schutz als ein freundlicher, liebenswürdiger Stamm; der der Boston-Mission angehörige deutsche Missionar Delaporte, der mit großer Energie und Fleiß eine Schule mit deutscher Sprache einrichtete und das Neue Testament und viele Schulbücher in die Nauru-Sprache übersetzte, hat, im Gegensatz zu vielen anderen Missionaren der Südsee, das Deutschtum durch Verstand und großes Geschick außerordentlich gefördert und in der kulturellen Hebung des Volkes sehr auerkennenswerte Erfolge erzielt. Auch die katholische Mission, deren Mitglieder sich allerdings in der Minderzahl befinden, hat vieles für die Eingeborenen getan. Die Eingeborenensprache Naurus wird auf keiner anderen Südseeinsel gesprochen, doch enthält sie einige Anklänge an das Gilbert. Es scheint in dem von anderen Südseebewohnern gänzlich verschiedenen Volksstamm Naurus ein gewisser Mischungseinfluß europäischen Blutes (durch frühere Walfischfänger und Händler), dann aber von Gilbert- und polynesischen Elementen vorhanden zu sein; die kräftigen, zum Embonpoint neigenden großen Männergestalten mit oft europäischem Gesichtsausdruck erinnern vielfach in Gestalt und Haltung an Mischblut von Hawaii, Tonga und Taheiti.

Nauru liegt etwa 0° 33′ südlicher Breite und 166° 55′ östlicher Länge. Der um die Insel führende Fahrweg (auf der Karte nicht verzeichnet)

ist fast 17 km lang. Es ist von einem Riff von 70—100 m Breite umgeben, doch dehnt sich dieses an vereinzelten Stellen bis zu 125 m in den Ozean hinaus. Ca. 550 ha bilden den das Hochland umgebenden Flachlandgürtel, welcher einen wenig gehobenen Schuttwall von Korallendébris und Korallensand darstellt, während 1720 ha dem Hochland angehören, das sich meist steil vom Flachlandring erhebt.

Riff und Flachland bestehen im Westen aus jüngerer Koralle, d. h. kohlensaurem Kalk, im Osten ist es dolomitisch. Das Flachland ist reich mit, den Eingeborenen gehörigen, Kokosnußplantagen bepflanzt, die im allgemeinen gute Erträge liefern. Die in dem Innern gelegene, von hohen Hügeln umgebene Lagune Buada, die ein fast Süßwasser zu nennendes Wasser enthält und von den eingeborenen Eigentümern zu Fischzuchtzwecken verwandt wird, ist ebenfalls mit Kokospalmen umgeben. Diese Lagune erhebt sich etwas über den Meeresspiegel; Ebbe und Flut der See zeigt eine gewisse Wirkung auf den Wasserstand der »Buada«.

Die Phosphatlager werden durch die Pacific Phosphate Comp., Sitz London, abgebaut, der das Gewinnungsrecht von der deutschen Jaluit-Gesellschaft übertragen wurde. Als Arbeiter werden meist Karolinen-Insulaner, aber auch Chinesen verwandt; die weißen Angestellten sind Australier, Engländer, Schotten, Schweden und last not least Deutsche.

Vögel gibt es nur noch in geringer Anzahl auf der Insel; eine weitere Neubildung von Guano und Phosphaten ist ausgeschlossen.

Auf dem Hochland, welches Hügelketten, große Felsen und mehrere Vertiefungen (bis nahe zum Niveau des Meeresspiegels an der Lagune oder »Buada« auch z. B. im Norden ist die Vertiefung wenig höher als die Buada der Insel) enthält, lagert auf der aus dolomitisierter Koralle bestehenden außerordentlich harten Felsmasse (die, wie alle Dolomiten, stark zerklüftet, voller kleiner, aber auch gewaltig großer Höhlenbildungen ist) das Phosphat ähnlich wie in unseren Sand- und Kiesgruben auf; zum geringen Teil haftet das Phosphat als phosphatisierte Koralle oder als Krusten am unterliegenden Dolomitfels an; der weitaus größte Teil liegt jedoch in schaufelfähigem Zustande auf dem Korallengestein zwischen den Höhenzügen und zwischen den kirchturm- und säulenartigen, mit dem Untergrund verwachsenen dolomitischen Felsen, die hier und in Ozean Island »Pinnakel« genannt werden (dolomitische Karrenfelder).

Auf dem Hochlande, d. h. im Phosphat (das nur in den oberen $^1/_2$—$1^1/_2$ Fuß tiefen Schichten mit weniger Prozent Humus vermischt ist und daher schwarz aussieht) wachsen Tamanu, Pandanus und andere Bäume und Sträucher; die Vegetation ist ziemlich entwickelt, doch sind wenig Arten vorhanden; in letzten Jahren hat sich ein sehr unbequemes Stachelgras eingebürgert. Außer diesem Stachel- oder Klettengras gedeihen nur wenig Gramineen, wohl aber mehrere Legumimosen des hohen Kalk- und Phosphatgehalts wegen (Stickstoffsammler) recht gut; sie über-

wuchern oft weite Strecken (meist Bohnen) in regenreichen Perioden. Auch ein großer Ficus-Baum mit kleinen Feigen, der einen Gummi-Milchsaft enthält, gedeiht gut, ebenso einige Cucurbitaceen.

Es läßt sich sagen, daß Nauru reichlich mit Vegetation versehen ist; die reichen Kokospalmen-Anpflanzungen und die großen Tamanu-[1]) und Gummibäume geben der Insel von der See aus einen recht freundlichen Anblick.

Hebungs- und Senkungserscheinungen im Stillen Ozean und die Koralleninsel Nauru in vorphosphatischer Periode.

Des besseren Verständnisses wegen sei in Kürze die Entstehung korallischer Lagunenbildungen im äquatorialen Teile des Stillen Ozeans wiedergegeben und im Anschluß daran einige Ereignisse aufgeführt, welche zu Veränderungen ihrer Lage und Beschaffenheit führten und wahrscheinlich noch heute führen. Es mag schon jetzt erwähnt sein, daß Hebungen, Senkungen und Neuerscheinen (abgesehen von Neubauten der Korallen und Anwerfen von Schuttwällen durch marine Aktion, die ebenfalls Landbildungen hervorbringen) durchaus nicht immer heftigen plutonischen Katastrophen zuzuschreiben sind, daß vielmehr solche Veränderungen oft allmählich stattfinden, wenn auch zuweilen wenige Jahrzehnte genügen, um das Gesamtbild der Lagune, des Riffs oder der Insel vollkommen zu verändern. Daher halte ich auch die frühere Existenz von auf der Karte (als Position unbekannt oder Existenz fraglich) verzeichneten Inseln, wie Atlantic-Island, San Rafael, Amicitia-Island (Verfasser fuhr während einer Expedition durch mikronesische Inselgruppen direkt über die Orte, die auf den Karten die Lage San Rafaels einerseits und Amicitias andererseits angeben) u. a., die nicht oder nicht mehr vorhanden sind, nicht immer irrtümlichen Ortsbestimmungen von Kapitänen zuzuschreiben. Auch Veränderungen der Tiefenverhältnisse in den Lagunen, verschiedene Angaben über die Höhe der Inseln, Veränderungen des Riffs, die sich jetzt, wie es nach meinen Beobachtungen scheint, sich in der Oroluk-Lagune vollziehen, lassen den Schluß zu, daß sich die Korallenmeere des Stillen Ozeans, wenigsten des südlichen Teiles in langsamer aber dauernder Bewegung befinden. Oft weisen Erzählungen von Eingeborenen auf solche Phänomene hin und wenn auch solchen legendenhaften, oft interessanten Geschichten irgend welche Beweiskraft nicht beizupflichten ist, so möchte ich doch ein der neueren Geschichte angehörendes, sehr charakteristisches Beispiel anführen, welches derartige Umbildungen deutlich demonstriert: Mururoa (poynesisch: Groß Muru), auch Osnaburg, liegt ungefähr 20 Meilen NNW. von Fangataufa und

[1]) Die »Tamanu« genannten Bäume sind eine Callophyllum-Art mit wahrscheinlich wohl verwendbarem, politurfähigem harten Holze; Proben dieses Holzes befinden sich im Giessener Völkermuseum.

wurde 1767 durch Kapt. Carteret entdeckt. Im Jahre 1792 strandete der Walfischfänger »Mathilda« während der Nachtzeit auf einem Riff, dessen Position auf 22° 0′ südl. Breite und 138° 34′ westl. Länge angegeben wurde. Als im Februar 1826 Kapt. Beechey, der die Nachbarschaft des Riffs untersuchte, die Identität dieses selben Ortes (»Mathilda-reef«) feststellte, fand er auf dem Riff unzweideutige Anzeichen einer Schiffsstrandung: zwei Anker, eine Kanone, einen Metallkessel und Bleipumpen, gemarkt 1790. Wenn dies die Überreste der »Mathilda« wären, worüber kaum ein Zweifel möglich ist, so hat eine beträchtliche Änderung in dem Atoll stattgefunden, da die Mannschaft des genannten Schiffes angibt, auf einem Riffe schiffbrüchig geworden zu sein, während die nunmehrige Insel, auf welcher die Anker lagen, auf einer Seite mit hohen Bäumen bewachsen war, welche von dem Ort, an dem das Schiff strandete, keinesfalls unbemerkt geblieben sein konnte, da die Insel ja einen gehobenen Teil des Korallenriffs darstellte.

Wäre, wie Kapitän Beechey vermutete, die neugebildete Insel nur aus angeschwemmtem Korallensand und Debris entstanden, so hätte wohl der Anker etc. nicht an der Oberfläche liegen können, sondern wäre unter dem Korallenschutt begraben, was den Tatsachen nicht entspricht.

Wir wissen, daß das Antlitz der Erde in stetiger Änderung begriffen ist; und daß außer gewaltsamen katastrophenartigen Ereignissen sich dauernd Hebungen und Senkungen des Bodens der Ozeane, der anliegenden Küsten und des Landes vollziehen. Die Senkungs- und Hebungsgebiete auf der Erde, die einem fortwährenden Wechsel ihrer Lage zu einander unterworfen sind, gleichen sich in der Verteilung ihrer Umfangsfläche aus. Diese langsamen, aber darum nicht weniger durchgreifenden Verschiebungen haben sich nicht allein in neueren Epochen vollzogen, sondern schon in den ältesten geologischen P rioden und damit unsere Erde im Laufe gewaltiger Zeitläufe ein ungemein wechselvolles Bild geboten (um für den Nichtgeologen ein recht anschauliches, wenn auch des großen Zeitraumes wegen krasses Beispiel anzuführen, s. z. B. die Kokensche Karte: Land und Meer in der permischen Zeit, im Festband [1907] des Neuen Jahrbuchs für Mineralogie, Geologie etc.). Wenn wir auch die Permanenz der Hebungs- und Senkungserscheinungen so weit erkannt haben, daß wir anzunehmen berechtigt sind, daß die jetzt versinkenden Erdoberflächengebiete sich wieder einmal heben und in aufsteigender Bewegung befindliche Räume untertauchen werden, so kennen wir doch die Gesetze der Kräfte nicht, welche diese Bewegungen vermitteln und regeln.

Diese Hebungs- und Senkungserscheinungen von Koralleninseln finden natürlich nicht nur im Großen Ozean statt, sondern auch z. B. im Indischen Ozean und anderweitig. Es seien zu einer weiteren Erklärung dieses Phänomens die Malediven herangezogen (obgleich sie nicht

zum Stillen Ozean gehören) und die als korallische Atolle recht charakteristisch sind. Sie bestehen aus vielen Tausenden von Inseln und Klippen, die in 19 Ringinseln oder Atollen gelagert sind, und, wie Verf. auf einer Reise von der Südsee nach dem Roten Meere bemerkte, äußerlich durchaus dieselbe Erscheinung wie die Südseeatolle bieten. Einige Inseln der Gruppe senken sich und werden allmählich von der See verschlungen, wahrscheinlich, wenn die Senkung in einem erheblicheren Maße geschah, als der Intensität des Nachwachsens der Korallen entspricht; andere Inseln hingegen entwickeln sich aus Riffen neu, dort aber wohl nur durch Aufschüttung.

Es sei mitgeteilt, daß z. B. südlich der Insel Nilandu ein Riff liegt, auf dem sich früher die Insel Budu erhob. Diese ist versunken; das Riff hat sich, wohl infolge des Weiterbauens der Korallen, erheblich vergrößert.

Die ehemalige Insel Kendera ist jetzt nur noch eine niedrige Sandbank, ebenso das frühere Hekara. Auch die durch ihre Navigationsschule für eingeborene Schiffer bemerkenswerte Insel Hemiti wird wohl dem Untergang geweiht sein, da der Umfang der Insel dauernd abzunehmen scheint.

Die gewaltige Meeresfläche der Südsee von den Palauinseln bis zu den Paumotu's[1]) gehört im allgemeinen dem jetzigen Senkungsgebiet an, sich über fast 100 Längengrade ausbreitend; die Breite dieses Streifens ist jedoch weit geringer. Von den Karolinen aus erstreckt sich ein Arm in südlicher Richtung.

Möglicherweise verläuft der Senkungsgürtel der Südsee bis an die südamerikanische Küste; er ist von einzelnen kleineren Hebungsgebieten durchbrochen.

Zumal die Marshall-, Gilbert-, Karolinen- und Ellicegruppen sind zweifellos wenn auch langsam versinkende Inseln, die ihre Existenz nur weiterem Wachstum der riffbauenden Korallen und dem Überwaschen und Überwehen von Sand- und Korallendébris, sowie Humusstoffen der oberen Schicht verdanken.[2]) Innerhalb des Senkungsgebiets liegt die kleine Phosphat führende Insel Fais (zwischen den Palau- und Karolineninseln), die jedoch sich vermutlich in einer aufsteigenden Bewegung befindet; Hahn entnimmt dies aus übereinanderliegenden Klippenterrassen. Ich würde Ocean-Island und Nauru ebenfalls eine Aufwärtsbewegung zusprechen, wenn man nicht etwa einen Stillstand in der Elevation annehmen

[1]) Siehe übrigens auch die F. G. Hahn'sche Arbeit: Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Meeresküsten.

[2]) Arthur Wichmanns Untersuchungen ergaben, daß die Palau-Inseln von einem Korallenriff umgeben sind, da dessen Fortwachsen nur bei fortdauernder Senkung möglich ist, so kann man sicher die Palaus dem großen Senkungsgebiet zurechnen, das einen großen Teil des Pacific einnimmt.

kann, der, wenn auch nicht wahrscheinlich, so doch möglich ist. Schon Danvers Power vermutete 1904 die aufsteigende Tendenz bei Ocean-Island; ich möchte sie für Nauru noch mehr in Anspruch nehmen.[1])

Nirgends auf Nauru sind Spuren niederer Terrassen zu bemerken; vielfach findet man Strandansätze, Schwellen und Strandlinien in höheren Lagen. Auch die Doppelhöhlen, d. h. übereinanderliegende Höhlen, wie sie z. B. die Wasserhöhle nahe der kaiserl. Station darbietet (wo die beiden Öffnungen durch eine horizontale Zwischenwand getrennt sind, die sich nicht aus Bruchstücken gebildet haben), ferner tiefe Schächte im Innern der Höhlen und andere Anzeichen, die noch später besprochen werden, lassen den Schluß einer Aufwärtsbewegung bei Nauru zu.

Savage Island (Niuë) 19° 10′ südl. Br., 167° 47′ westl. Länge, ist eine ähnliche Erhebungserscheinung; die Insel hat ca. 30 Meilen Umfang. Sie steigt in zwei Terrassen (in 30 m Höhe, von ca. ³/₄ km Breite, dann in 60 m Höhe rings um die Insel) an. Niuë zeigt in sehr charakteristischer Weise die Form eines ehemaligen Atolls; die eine Depression bildende ehemalige Lagune stellt jetzt eine Fläche dar. Hahn spricht sich wie folgt aus: »Die ehemalige Binnenlagune von Savage Island ist jetzt eine trockene Ebene, deren Hebung erst in neuester Zeit vor sich gegangen ist, da die Pflanzenbekleidung noch im Entstehen begriffen ist.« (Ich habe Niuë nicht bereist, bin daher nicht in der Lage, genannte Folgerung beurteilen zu können. Doch erwähnt Dana diese Tatsache in ähnlicher Weise wie Hahn.)

Zum Hebungsgebiet gehörig möchte ich zunächst noch Makatea- und Elisabeth-Insel nennen, welche in die vermutlich sinkenden Paumotus (oder Niedrigen Inseln) wie ein Keil in das Senkungsgebiet hineinragen, sie zeigen ähnliche Erscheinungen wie Nauru.

Darwins Theorie ist, daß die Hebungsgebiete im wesentlichen im Gebiet des Vulkanismus liegen; wenn auch, wie in Nachstehendem bemerkt wird, die Hauptfläche der Hebung innerhalb der vulkanischen Inselgruppen liegen, so erscheint mir nicht gerechtfertigt, diesen Satz zu weit zu verallgemeinern, da bisher das Vorhandensein von Vulkanen oder vulkanischem Gestein auf Nauru, Ocean-Island, Makatea, Elisabeth-Insel trotz eifriger Untersuchungen nicht konnte konstatiert werden; die Nähe von Vulkanen oder selbst vulkanischem Gestein, also von Silicaten, Eisen- und Tonerdeverbindungen hätte vermutlich Einfluß auf die Phosphate

[1]) Ich verweise auf die kleine Broschüre: Phosphate Deposits of Ocean and Pleasant Islands, von F. Danvers Power, als Ergebnisse einer Reise, die dieser mit dem Chemiker E. Stephen ausführte, noch ehe die Phosphate Naurus verwertet wurden. Wenn auch mancherlei, vom Standpunkt des Phosphatfachmanns, richtig zu stellen ist, so ist die Arbeit doch eine sehr anerkennenswerte zu nennen, da Powers und Stephen vorzügliche Beobachter waren. Bisher war sie überhaupt die einzige brauchbare einschlägige Arbeit über Nauru und Ocean-Island.

Naurus und Ocean-Islands gehabt, und zwar in ihrer chemischen Zusammensetzung.

Die **Tonga**, **Samoa** und **Hawaii**-Gruppe[1]) sind die besten Repräsentanten für Inseln mit aufsteigender Bewegung; von andern Inselgruppen ist die Hebungserscheinung weniger bemerklich. Auf Oahu (Hawaii) konnte selbst innerhalb 16 Jahren eine wohl bemerkbare Erhebung konstatiert werden. E. C. Andrews beobachtete in den Fidschi-Inseln Hebungstendenz; er wies nach, daß sich das Korallenriff in vier Phasen um die Inseln gebildet hat.

Auch die **Herwey**- (oder Cooks-) Inseln gehören wohl in dies Gebiet, ebenso Tahiti. Alle oder fast alle dieser Gruppen bestehen teils aus reinen Koralleninseln vom Charakter eines Atolls, teils von Basalt- und Lava-Bergen und Gebirgen, die mit einem Riffringe umgeben sind.

Korallenbauten.

In Nachstehendem soll in einem kurzem Überblick die Entstehung Naurus und die Dolomitisierung der Koralle, die Nauru aufbaute, besprochen werden; damit werden gleichzeitig analoge Verhältnisse auf anderen gehobenen Koralleninseln verständlich. Vorweg möge bemerkt sein, daß frische, rezente Koralle abgesehen von organischer Substanz im Wesentlichen aus aragonitischem kohlensauren Kalk besteht; daneben enthält sie geringe Mengen Calciumsulfat, Magnesiumkarbonat, wenig Kali; Chlornatrium, Eisenoxyd, Tonerde, Phosphorsäure, Kieselsäure. Die Untersuchung vom Strande aufgelesenen Stücks Madreporenkalk von Nauru ergab im noch ziemlich feuchten Zustande:[2])

89,92 % $Ca\,CO_3$
0,23 % $Mg\,CO_3$
0,27 % $Al_2\,O_3 + Fe_2\,O_3$
0,09 % $Si\,O_2$
0,03 % $Na\,Cl + KCl$
0,88 % $Ca_3\,P_2\,O_8$
8,58 % Wasser, Organisches, Sulfate und andere nichtbestimmte Substanzen

100,00 %.

Vermutlich ist die Insel Nauru aus einem Korallenriff, das sich auf einer Erhöhung oder Erhabenheit des Meeresbodens, die inselartig aus dem Ozean herausragte, ansetzte, entstanden. Welcher Art diese Erhöhung gewesen ist, ob sie aus eruptivem oder aber aus geschichtetem Gestein be-

[1]) S. Corals und Coral Island, von James D. Dana, und Korallenriffe, von Ch. Darwin, deutsch von J. Victor Carus.

[2]) Eine andere Analyse wnrde u. a. von jüngerer Koralle (Silderostria) von den Bermuda-Inseln durch L. G. Eakins im Bull. 228 des U. S. Geol. Survay veröffentlicht 0,23 SiO_2, $Al_2\,O_3$, $Fe\,O_3$ und $Fe\,O$ in Spuren, 55,16 % CaO, 0,20 MgO, 0,54 H_2O, 43,74 CO_2.

stand, ist nicht mit Sicherheit festzustellen; in erster Linie kämen in Frage Basalt und Amphibol, welche beide gebirgsbildend in diesem Teile des Stillen Ozeans auftreten. Jedenfalls aber sind Spuren irgend eines anderen Gesteins (von einigen angeschwemmten Bimssteinstückchen, die bei vulkanischen Eruptionen in den Melanesischen Inseln, zuweilen auf dem Meere umhertreiben und gelegentlich an Land gewaschen werden, als:

1. Phosphat in einzelnen Varietäten,
2. jüngere Koralle, aus Kohlensaurem Kalk bestehend,
3. ältere, dolomitisierte Koralle, die den Grundstock der Insel bildet,

auf Nauru nicht zu bemerken.

Es ist behauptet worden, (und diese Behauptung ist leider in die Literatur übergegangen) daß schwarze Steine vulkanischen Ursprungs auf Nauru und zwar auf der Oberfläche liegend, gefunden worden seien; ich möchte ausdrücklich feststellen, daß dies nicht der Fall ist. Der Irrtum mag vielleicht dadurch entstanden sein, daß die Steine den Feuern der Eingeborenen oder einem der häufigen Waldbrände ausgesetzt gewesen sind; vielleicht hat der Gehalt von Spuren von Schwefelkalcium, das sich durch die Feuergase aus dem fast stets, wenn auch in sehr geringer Menge — vorhandenen Gips durch Reduktion gebildet hat, die Meinung des Einflusses vulkanischen Feuers erweckt. Von Kratern, Eruptivgesteinen usw. ist auf Nauru nichts zu bemerken. Unter den Eingebornen und den Händlern der Insel geht die Erzählung, daß in den großen, unter der Insel sich hinziehenden Höhlen oder besser Höhlengruppen, die eine oftmals bedeutende Tiefe anfweisen, sich schwarze Felsen befänden, die von einem weißen Händler direkt als das vulkanische »Urgestein« bezeichnet wurde. Die Eingeborenen nennen diese Felsen (oder wenigstens einen derselben) Ebage = die Schildkröte; vermutlich wegen der abgerundeten Form des Felsens, der einem Rückenschild genannten Tieres ähnlich ist. Ich habe die »schwarzen« Steine untersucht; sie sind, bei Tageslicht betrachtet, braun, von glatter Oberfläche und bestehen wie alles übrige älterer Bildung aus dolomitisierter Koralle; die schwarzbraune oder gelbbraune Kruste ist durch hindurchgepreßte phosphatische Lösungen entstanden, die phosphorsauren Kalk niedergeschlagen haben.

Es wird auch wahrscheinlich unmöglich sein, das basale Gestein der Insel zu entdecken, wenn mau nicht tiefgehende Bohrungen anstellen will. Vielmehr ist anzunehmen, daß sich die Unterlage der Insel langsam gesenkt hat und dann die darauf angesiedelten Korallen in ihrem Wachstum mit dem Versinken derart Schritt hielten, daß sich die Oberfläche des Riffs stets nahe dem Wasserspiegel oder selbst, durch Aufschüttung, wenig über demselben hielt.

Die Korallen bauen bis zu einer oberen Grenze von höchstens etwa 15 cm über dem niedrigen Wasserstande; ein über diese Höhe hinaus-



Bild 1a (siehe Talel IIIa und IIIb und Talel IV).
Nauru. Wassertümpel am inneren Rande des mit Cocospalmen bewachsenen, das Hochland rings umgehenden Flachland-Gürtels (Blick über den Flachland-Gürtel nach der See zu).
Würde man sich das Hochland als versunken denken, so wäre das Flachland ein Atollring.



Fig. 11.

[illegible] Wassertümpel am inneren Rande [illegible] mit [illegible]

[illegible] und [illegible].



Bild I b.

Nauru. Wassertümpel am inneren Rande des mit Cocospalmen bewachsenen, das Hochland rings umschließenden Flachland-Gürtels. (Rechts das Hochland.) Die Felsen sind Dolomite.

ragendes Riff ist entweder gehoben oder ist mit Korallensand oder Débris überwaschen. Doch wird man nicht allein den Korallentieren die riffbauende Tätigkeit zuschreiben dürfen, sondern es siedeln sich Krustaceen, Echinodermen und besonders kalkabsondernde Algen in großer Menge an, deren Hartgebilde resp. Ausscheidungen wesentlich znm Wachsen des Riffs beitragen. Es scheint, daß auf ein für Korallentiere totes Riff sich noch häufig grüne, blasige Algen ansiedeln; man sieht auf Nauru das Riff häufig wie mit einem grünen Teppich bedeckt; zuweilen habe ich lebhaft rotgefärbte Algen bemerkt.

Die geringen Mengen Licht, die in eine Tiefe von über 30—40 m gelangen, genügen den Lebensbedingungen der riffbauenden Korallenpolypen nicht mehr; ein Wachsen des Riffs findet unter dieser Grenze im Allgemeinen nicht mehr statt.

Auch die Temperatur hat einen Einfluß auf das Wachstum der Korallen; sinkt die Temperatur andauernd auf weniger als 20 ° C., so sterben die Tiere ab. Nauru gehört in die sog. heiße Korallenzone, d. h. die ein Temperaturminimum von 23,4 ° C. zeigt; man kann einen zoologischen Unterschied zwischen Korallen der über 23,4 ° aufweisenden Minimaltemperaturzone und denjenigen, deren Zone eine Minimaltemperatur zwischen 20—23,4 machen. Süßwasser und Schlamm vernichten die Existenz der Polypen.[1])

Am Brandungsstrand findet bei dem bis zur Oberfläche des Meeres gewachsenen Riff ein weiteres Fortwachsen der Korallen statt; mit größerer Tiefe nimmt die Intensität des Wachstums ab und erlischt schließlich bei 30—40 m Tiefe.[2]) Das Wachstum der Korallen (meist Poriten und Madreporen) wird besonders deshalb am oberen Teil des Strandes lebhaft sein, weil das frische, klare Seewasser den Polypen neue Nahrung zuführt. Gleichzeitig ist aber die äußerste abfallende Fläche des Riffs der Ort, an dem die Zertrümmerung des Korallenkalks stattfindet; durch die Wogen wird ein Teil des zerriebenen und zerschlagenen Materials auf das Riff geworfen und ein Schuttwall gebildet, der sich nach außen in ziemlich steilen Winkel, nach innen sanft abfallend, zuweilen bis zu mehreren Metern Höhe erhebt. Selbst große Steinblöcke werden durch die Kraft der Wellen auf das Riff befördert und wandern auf eine nennenswerte Höhe; die Höhe des Schuttwalles hängt von der Intensität uud Höhe der Sturmwellen ab.

Das Nauru umgebende Flachland zeigt die Erscheinung des Schuttwalles und das intensivere Wachstum der Korallen sehr deutlich: nach der Außenseite ist der Flachlandring höher als nahe den die das Hügel-

[1]) Ztschr. f. Naturwiss. 1895.

[2]) Trotz aller neueren Theorieen steht Verfasser noch immer wesentlich zum mindesten für die Südsee auf dem Darwin-Dana'schen Standpunkt der Riff- und Inselbildung; s. übrigens weiter unten.

land umgebenden steilen Felsen; die tiefsten Stellen vereinigen sich zu einem fast geschlossenen Ring von flachen Vertiefungen, kleinen Sümpfen, größeren Teichen (bes. im Norden) und Wassertümpeln. Wir haben deshalb bei Nauru zu unterscheiden: Der gehobene Teil, aus älterem (dolomitisierten) Korallenfels mit aufgelagertem Phosphatkies und Phosphatsand bestehend (der weitaus größere Teil der Insel), das mit Kokusbäumen bewachsene Flachland uud das bis zur Ebb-Wasserfläche gewachsene Riff.

Wohl nur der geringere Teil des von den Wogen abgelösten Korallendébris kommt der Bildung des Schuttwalles zu Gute; die größere Menge versinkt in den Ozean und bildet einen die Insel umgebenden unterseeischen Débris- oder Detritus-Mantel.

Die die jetzige, nocb wasserhaltige Lagune (Buada) umgebenden Höhenzügen repräsentieren den ältesten Teil der heutigen Insel; die diesen Ring im weiteren Umkreis umgebenden Höhenzüge sind jüngeren Ursprungs, wenn auch wöbl derselben geologischen Periode angehörend.

Betracbten wir zunächst die Bildung eines Atolls, so mnß zunächst an der erwähnten Theorie Darwins festgehalten werden, daß die Grundlagen sich senkten, während die Korallen in dem Maße des Versinkens nachwuchsen.

Dies Wachstum der Korallen findet nun in der Art statt, daß die von der Brandung des abfallenden Riffs umspülten Korallentiere sich schnell entwickeln und bald wieder die Wasseroberfläche erreichen. Grade der äußere Riffrand enthält die kräftigsten Korallen, (wie die Poritis und Madreporen z. B. um das Keeling Atoll im indiscben Ozean), die beständig von der Brandung umrauscht werden; an keiner anderen Stelle als am Rand des Riffs bilden lebende, wachsende Korallen solide Massen; schon Chamisso und Ehrenberg konstatierten diese Tatsacbe.

Der auf dem Riff landeinwärts lagernde und sich bewegende Sand ist den Korallen schädlich; er hindert das Festsetzen der Korallenstöcke und sammelt sich in den Höhlungen der abgebrochenen Korallenäste und Stümpfe, diese an neuer Entwicklung hindernd. Korallen verlangen im Allgemeinen reines Ozeanwasser, frei von Schlamm und Sand. Die meisten oder fast alle Atolle (andere Möglichkeiten sind wenigstens denkbar) sind darnach ursprünglich um eine jetzt versunkene Erhebung meist in Form eines dieselbe umgebenden Riffs oder Rings gebildet worden.

Stellen wir uns vor, ein Hügel[1]), der von dem Meeresboden aus bis über die Meeresoberfläche reicht, ist von einem Kranze lebenden Korallenriffs umgeben (Strandriff). Mit dem beginnenden Sinken der Insel wächst das Riff besonders an dem äußeren Umfang weiter, gleichzeitig

[1]) Verwiesen sei auf: Bau und Verbreitung der Korallenriffe, v. Charles Darwin (deutsch von J. Victor Carus) und Corals and Coral Islands, von James D. Dana, ferner die Challenger Rapporte v. Murray und Renard, die Arbeiten von Agaziz u. a.



Bild II a (entspr. Tafel III a).
Riff an der Westseite Naurus (jüngere Koralle). Besteht aus aragonitischem Korallen- und Algenkalk.

wird, nach oben, ein Schuttwall aufgeworfen und ein untermeerischer Detriusmantel, der die Insel umgibt, gebildet. Mit weiterem Untertauchen kommt schließlich der zentrale Hügel gänzlich unter Wasser; so daß schließlich ein, wenn auch an einer oder mehreren Stellen durchbrochenes Atoll sich bildet. Da im Innern des Rings (der Lagune) die Existenzbedingungen für die Korallentiere ungünstiger sind (ruhiges Wasser, Mangel an Subsistenzmitteln, Sandanschwemmungen, die das Riff bedecken, Schmutz vom Riff, der bei dem ruhigen Wasser nicht leicht entfernt wird, zuweilen Zufluß von versickerndem Süßwasser durch Regenfälle, das die Tiere tötet, wenn das Lagunenwasser nicht mehr den vollen Salzgehalt hat, sondern brackisch ist usw.), als auf der Außenseite des Riffs, so wird der Riffkranz sich nach der Lagunenseite weniger oder in einzelnen Fällen gar nicht entwickeln. Aufgeworfene Sand- und Débrismassen, die sich oft an einzelnen Stellen bedeutend anhäufen, bilden schließlich Erhöhungen auf dem Riff und sind die Anlage zu Riff-Inseln. Zuweilen, wenn auch sehr selten bildeten die Rifferhöhungen einen zusammenhängenden Ring, der vielleicht nur durch eine oder einige Passagen zwischen Meer und Lagune durchbrochen ist. Andernfalls wechselt die Anzahl größerer oder kleinerer Riffinseln beträchtlich; oft erhebt sich das Atoll überhaupt nur bis zum niedrigen Wasserstand, keine Insel tragend und eine Gefahr für die Schiffahrt bildend.

Der Abfall des Riffs nach Außen hin ist gewöhnlich steil, während sich nach dem Innern zu der Abgang allmählich zur Lagune hinabsenkt; oft ist diese Vertiefung durch eingewehte und eingewaschene Sande, Schlämme ganz oder teilweise ausgefüllt und damit dem weiteren Wachsen der meisten riffbildenden Korallenspezies ein Ende gesetzt; auf Nauru ist diese Sand- und Débrisausfüllung später phosphatisiert worden. Die beifolgenden Skizzen erklären die Bildung der Riffe und Inseln wohl genügend deutlich; auch wird damit gleichzeitig die Entstehung von Lagunenkanälen vor Augen geführt.

Die weiteren Rifflinien auf dem Hügellande Naurus, die schon Power 1904 im wesentlichen richtig erkannte, sind jüngere Bildungen als die Buada mit den sie umgebenden Höhenzügen. Tafel II gibt eine ungefähre Skizze, in welcher Weise sich weitere Barriereringe exzentrisch um die Buada angebaut haben können; der mit »Ältester Teil der Koralleninsel Naurus« bezeichnete Teil (mit der Buada-Lagune) auf Nr. II würde der Koralleninsel auf Tafel I entsprechen. Die tatsächlich genauen Verhältnisse sind natürlich dem Verfasser unbekannt.

Die auf Tafel IV ausgeführte Karte Naurus läßt deutlich die ehemaligen Barrierenriffe um die Zentrallagune, die heutige Buada exzentrisch gelagert erkennen, wenn man die Hügel miteinander durch Höhenzüge verbunden denkt, dazwischen liegen, jetzt mit tiefen Schichten Phosphat angefüllte, ehemalige Kanäle, d. h. talartige Vertiefungen (siehe die Karten von Nauru).

Es bildeten sich also während der Entstehung Naurus eine Anzahl lagunenartige Wasserbecken, welche umgeben waren 1. von den Hügelketten um die jetzige Buada, 2. von diesen Hügelketten und der nächsten (jüngeren) Rifflinie, 3. nur den jüngeren Riffen [1]); oft sind die so entstandenen Wasserbecken durch Korallenwände und einzelne Korallenfelsen in kleinere Becken geteilt worden. Jedenfalls aber deutet alles darauf hin, daß alle diese Vertiefungen ehemals sowohl miteinander als auch mit dem Ozean durch Passagen ehemals in Verbindung standen.

Obgleich die jetzt vorherrschende Windrichtung und auch die Meeresströmung von Osten nach Westen läuft, zeigt Nauru doch die auffallende Erscheinung, daß der Abfall des Riffs auf der Ostseite viel weniger steil als auf der Westseite ist. Eine Erklärung dieser Tatsache wäre, daß zur Zeit des Aufbaus Naurus die Wind- und Stromrichtung eine von der heutigen verschiedene war. Das die Insel umgebende Flachland ist im Westen gänzlich rezente Bildung; es ist auf der Westseite breiter als im Osten, dort ist nur der äußerste Riffkranz rezent.

Andererseits deutet manches darauf hin, daß Naurus Westseite sich schneller als die Ostseite erhoben hat, und daß im Osten der heutigen Enniberi-Bucht noch immer ein sich in den Ozean erstreckender Teil des alten Nauru untergetaucht ist. Die älteren Korallenpinnakel (also Dolomit)[2]) erstrecken sich nämlich im Osten über das die Insel umgebende Flachland, und sogar auch über den größten Teil des Riffs; diese Pinnakel scheinen die Überreste des zum weitaus größten Teil hier weggelösten massiven Dolomits zu sein. Längere Einwirkung des mit starker Strömung hier anprallenden Wassers, verbunden mit der abreibenden und abmahlenen Kraft des vom Wasser mit großer Heftigkeit gegen die Dolomitfelsen geworfenen Sandes haben hier einen destruktiven Effekt hervorgebracht, der die eigenartigen Formen der zurückbleibenden Felsreste ergab. Zwischen diesen auf dem Flachland und dem Riff befindlichen dolomitischen Felsen haben sich jüngere Korallen angesiedelt und sich Sand und Korallenschutt (Aragonit) übergewaschen und damit eben das jetzige Flachland und Riff gebildet, über die die Dolomitfelsreste hoch hinausragen (siehe Bild Nr. IIa, IIb, III und IV). Es scheint danach also, daß die jetzige Erhebung Naurus wenigstens auf der Ostseite noch nicht zu derjenigen der vorhergehenden Elevation gediehen ist.[3]) Jedenfalls ist die Meerestiefe bei 100 Faden Entfernung vom Riff im Osten (Windseite) im Durchschnitt nur 35—40

---

[1]) Wenn hier von »jüngeren« Riffen gesprochen wird, so sind jedoch damit keineswegs ganz rezente Bildungen gemeint, sondern sie gehören ebenfalls dem Tertiär an.

[2]) S. später: Dolomitisierung.

[3]) Das Ostriff ist die einzige Stelle, wo sich Phosphatknollen und Phosphat durch Dolomit zusammengekittet vorfinden; oft ist dort Phosphat durch die Karbonate des Riffs überlagert.



Bild II b.
Dolomitfelsen, das (zum großen Teil dolomitische) Riff im Osten Naurus überragend. (S. Tafel 3 b.)
(Blick über die Ennibery-Bay.)

Faden, während sie auf der Westseite (der Leeseite), in Yangor, bei 200 Faden Entfernung vom Riff etwa 200 Faden beträgt. Die dolomitischen Rifffelsen erstrecken sich von Arubo über Enniberi bis fast nach Menen, d. h. vom Norden über den Osten nach Südosten.

Während der Auf- und Abwärtsbewegungen des Meeresbodens und der darauf gewachsenen Koralleninsel Nauru müssen danach also einige Unregelmäßigkeiten in der vertikalen Bewegung vorgekommen sein, wie sich aus der Beschaffenheit der Insel ergibt; es scheint eine größere Dislokation im Innern der Insel, die jetzt durch Geröll ausgefüllt ist und fast wie ein altes kurzes Flußbett aussieht, vorhanden zu sein; auch die an der Westseite konstatierte schiefe, nach Osten gerichtete Stellung der Pinnakel und die oft schiefe Richtung der Stalaktiten in den Höhlen (die schon Power bemerkte) deuten auf ungleichmäßige Vertikal-Bewegungen. Vielleicht hängt dies mit dem auf der Basis der Insel lastenden Druck des aufgesetzten Korallenbaus zusammen, welcher möglicherweise Verschiebungen und Ausweichungen (Tuffe?) mit sich brachte. Im Übrigen sind anderweit solche ungleichmäßigen Hebungen und Senkungen konstatiert worden; gleiche Schichten durch Strandlinien bestimmter Art markiert, befinden sich auf korallogenen Inselgruppen durchaus nicht immer in gleicher Höhe.

Dolomitisierung.

Während des Untergetauchtseins Naurus hat die Kalksubstanz der Insel durchgreifende Veränderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung erlitten. Der kohlensaure Kalk hat sich iu Dolomit, d. h. Doppelverbindung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia verwandelt. Es ist eine eigentümliche Tatsache, daß es bisher nicht gelungen ist, die Dolomitisierung des kohlensauren Kalks in der Natur genügend zu erklären. Es sind wiederholt Versuche von Chemikern angestellt worden, Dolomitspat künstlich darzustellen und es ist dies in der Tat gelungen, doch entsprecheu diese Versuche nicht den natürlichen Bedingungen. Uns mangelt besonders noch die Erklärung dafür, daß Dolomite, d. h. dolomitisierte Kalke in sich ändernden Stadien des Magnesiagehaltes sich in verschiedenen Schichten zum Teil abwechselnd auch mit Calcit finden. Wir kennen die Umstände nicht, wann sich Kalksteine und wann sich Dolomite abscheiden.

Wir müssen zwei Formen des kohlensauren Kalks unterscheiden: Aragonit und Calcit. Wir können annehmen, daß die tierischen Ablagerungen von kohlensaurem Kalk, d. h. auch die für die riffbauenden Tiere (Korallenpolypen, Stachelhäuter usw.) in Frage kommenden kalkigen Ausscheidungen zum größten Teil aus Aragonit bestehen, daß aber, da der Aragonit eine wenig stabile Form des Calciumcarbonat ist, im Laufe der Zeit dieser in Calcit übergeht; eine Umwandlung von Calcit zu

Aragonit ist kaum anzunehmen.[1]) Auch die Auflösung des Aragonits durch kohlensaure Wasser geht schneller und leichter vor sich als die des Calcits, eine Tatsache von Bedeutung für die Petrefakten im Nauru-Dolomit, die wohl ausschließlich oder fast ausschließlich aus Steinkernen bestehen.

Die Kalkalgen sondern zum Teil Aragonit, zum Teil Calcit ab; so, nach J. Walter[2]) die Lithothamnion, deren Kalkskelette aus Calcit bestehen, während Halimeda Aragonit abscheiden.

Die Korallenriffe bestehen wohl, soweit junge Bildungen in Frage kommen, zum weitaus größeren Teil aus Aragonit, zum geringeren aus Calcit und dann in Mischung beider; bemerkenswert ist der Gehalt von 0,10—1,00 % phosphorsaurer Kalk.[3]) Der sog. Conchit Agnes Kellys[4]), den auch Power als Riffmaterial aufführte, ist mit Aragonit identisch.

Zur künstlichen Darstellung des Dolomits, wie sie durch Anwendung von höheren Temperaturen gelungen ist, muß bemerkt werden, daß Wärmegrade über etwa 35—40 ° C. (im Schatten) auf keiner der dolomitführenden Koralleninseln vorkommen dürften, während Durocher mit Glühhitze arbeitete, de Marignac und v. Morlot bei 200 ° C. die Umwandlung in magnesiahaltiges Karbonat vornahm.

Auch T. Sterry Hunt's Versuche bei über 120 ° C. Temperatur erreichten zwar schließlich Dolomitbildung, doch können sie nicht als wertvoll für die vorliegende Arbeit gelten.

G. Linck[5]) mischte Chlormagnesium, Bittersalz und kohlensaures Ammoniak in Lösungen und fügte denselben Chlorcalcium zu. Im wesentlichen gelang es nach ihm, den dabei erzeugten Niederschlag durch längeres Anwärmen in einer geschlossenen Röhre zum Krystallisieren zu bringen; die Krystallisation zeigte die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Dolomits. W. Meigen[6]) gelangte bei diesem Versuche nicht zu dem Linck'schen Resultate. Wie dem auch sei: auch hier sind wohl kaum die natürlichen Umstände vorhanden gewesen, um eine einwandfreie Erklärung der natürlichen Dolomitbildung ungezwungen zu konstruieren.

---

[1]) Ein Anwachsen von Aragonitkristallen auf Muschelschalen, Korallen etc. aus Bicarbonatlösungen ist wohl möglich, es scheint dieser Vorgang durch Kontakt mit vorhandenem Aragonit eingeleitet zu sein.

[2]) Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 1885.

[3]) Korallen, die ohne fremde phosphatisierende Einflüsse gewachsen sind, haben durchschnittlich 0,20 % $Ca_3 P_2 O_8$; auf Phosphatinseln ist jedoch der Phosphatgehalt der Korallen selbst bei ziemlich jungen Bildungen oft ziemlich hoch.

[4]) Mineralog. Mag. 1900.

[5]) Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. 1909.

[6]) Geol. Rundschau 1910.



Bild III a. Dolomitfelsen auf dem (großenteils dolomitischen, nur mit aragonitischem Sand und Débris überwaschenen) Riff an der Ostküste Naurus.



Bild III b.
Einzelne Dolomitfelsen vom Ostriff Naurus.

Es sei erwähnt[1]) daß sich unter gewöhnlichem Luftdruck der kohlensaure Kalk in CO_2 haltigem Wasser leichter löst als kohlensaure Magnesia. Bischof leitete Kohlensäure in Wasser mit eingeführtem magnesiahaltigen Kalkstein ein; nach 24 Stunden enthielt die Flüssigkeit bedeutende Mengen kohlensauren Kalk, aber nur Spuren Magnesiakarbonat. (Andere verdünnte Säuren wirken ebenso.) Bei Gegenwart von Ammonsalzen ist jedoch die Löslichkeit des Magnesiumkarbonats größer als die des Kalks (Bildung von Ammonium-Magnesiumsalzen). Auch unter Druck befindliches kohlensäurehaltiges Wasser löst Mg CO^3 leichter als Ca CO_3 (Rogers); es wurde früher im Fabrikbetriebe gemahlener Dolomit mit Wasser vermischt einem direkten Kohlensäuredruck von vier Atmosphären ausgesetzt; es wurde aus der Lösung Mg CO_3 gewonnen.

Über die Abscheidung von Dolomit (und nicht einer mechanischen Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia) berichten A. Moitessier (Jahresber. Chemie 1866) und A. Terreil (mitgeteilt durch L. Lartet, Bull Soc. géol. de France 1866), die beide erwähnen, daß in natürlich vorkommenden Gewässern sich Kristalle von Ca Mg $(CO_3)_2$ niedergeschlagen hätten, während E. v. Gorup-Besanez (Liebig's Annal. 1872 Supplem.) und T. Scheerer (Neues Jahrb. f. anno 1866) bemerken, daß aus einem natürlichen und aus einem künstlichen Wasser sich nicht Dolomit, sondern nur ein Gemisch von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia gebildet habe.

C. Klement[2]) versuchte, anstatt des Calcits, den Aragonit der Korallen in Dolomit überzuführen; eine gesättigte Lösung von Magnesiumsulfat vermag denselben teilweise in Magnesiumcarbonat zu verwandeln, und zwar bei 60° C; Calcit wurde nur wenig angegriffen. Auch durch die Einwirkung des Magnesiumsulfats und Kochsalz auf Aragonit vermag sich Magnesiumcarbonat, und zwar energischer, zu bilden; Chlormagnesium ist weniger angreifend. Auch O. Mahler experimentierte in dieser Weise, doch konnten nicht Dolomite, sondern nur Gemische der beiden Carbonate erzielt werden.

Verfasser hat ebenfalls die Einwirkung von Chlormagnesium etc. auf kohlensauren Kalk unter Kohlensäuredruck bei gewöhnlicher Temperatur geprüft; es wurde ein geringer Gehalt an kohlensaurem Magnesia konstatiert; die Versuche mußten wegen Mangel an verfügbarer Zeit zunächst abgebrochen werden.[3])

[1]) Bull, Soc. géol. 1895.

[2]) s. Bericht v. Prof. Judd in »The Atoll of Funafuti«.

[3]) Alle die hier erwähnten Versuche, auch die bisher vom Verfasser angestellten, bewegen sich in einer falschen Richtung, wenn man damit die Genesis der Dolomite erklären will. Ob Druck und Temperaturen überhaupt von einschneidender Bedeutung für die Dolomitisierung sind, ist mindestens fraglich; wir haben nach anderen Bedingungen zu forschen, deren Resultat wir kennen; wir kennen aber nicht den Weg, dazu zu gelangen.

Pfaff suchte 1894 Dolomit durch Behandeln von kohlensauren Kalk und Magnesia durch Einleiten von Schwefelwasserstoff und spätere Einwirkung von Kohlensäure in Dolomit überzuführen. Dies Verfahren steht im Gegensatz mit den natürlichen Bedingungen.

Die Dolomitbildung suchte derselbe[1]) weiterhin in der Weise zu erreichen, daß er CO_2 durch Erhitzen auf längere Zeit in Wasser einwirken läßt auf Magnesiumsulfat, Magnesiumchlorid, Kochsalz und Anhydrit. Bei langsamer Verdunstung bei 20—25° resultierte nach oftmaliger Wiederholung der Einwirkung ein in H_2O und verdünnter HCl in der Kälte unlöslicher Rückstand. Die Analyse dieser Substanz ergab in einem Falle:

$MgCO_3$	62,7 %
$CaCO_3$	38,1 %

in einem andern Falle:

$MgCO_3$	12,3 %
$CaCO_3$	88,0 %

Endlich wurde nach Pfaff's Untersuchungen aus konzentrierter Magnesiumsulfat- oder Magnesiumchloridlösung in Gegenwart von Kochsalz und kohlensaurem Natron durch Einwirkung auf Anhydrat, und ferner durch Magnesiumsulfat oder Magnesiumchlorid, Kochsalz auf kohlensauren Kalk wirkend, unter einem Druck von 40 Atmosphären ein Dolomit erzielt.[2])

Darnach müßte, wie E. Philippi[3]) ausführt, bei Meerestiefen, die einem Druck von 40—200 Atmosphären ausgesetzt sind, d. h. in einer Tiefe von ca. 390—1900 m, ganz allgemein eine Dolomitisierung des Calciumcarbonats stattfinden. Die Behauptung Pfaffs, daß von einer gewissen Meerestiefe abwärts ganz allgemein eine Einwirkung der Magnesiasalze auf vorhandenes Kalkkarbonat stattfindet, und zwar bei größerer Konzentration bis zum Normaldolomit, widerlegt Philippi.[3]) Er führt Beispiele an von Bildung von Dolomiten, die er als ein Erzeugnis ganz flacher Meeresteile auffassen muß, und zwar in der deutschen und alpinen Trias, im Röt und im Keuper, in denen Trockenrisse und Steinsalzpseudomorphosen häufig sind; ebenso muß er die Dolomite der unteren Abteilung des unteren Muschelkalkes in Schwaben als eine seichte Randfazies des auch anderweit nicht sehr tiefen Wellenkalkmeeres bezeichnen.

Andererseits wurde aus größeren Tiefen, z. B. von 390, 450 und 1420 Faden (1 Faden = 6 Fuß engl.) Pteropodenschlamm analysiert; es fanden sich 82,66, 84,27 und 80,67 kohlensaurer Kalk bei 1 % und weniger kohlensaure Magnesia. Dieselbe Erscheinung zeigt Globigerinenschlamm aus 3000 m Tiefe.

---

[1]) Pfaff, Dolomitbildung, Zentralbl. f. Mineral. 1903.

[2]) Neues Jahrb. f. Mineral. Beilagen Bd. 1907.

[3]) Festband Neues Jahrbuch 1907.

Es findet Dolomitbildung auch noch in den heutigen Meeren statt; die Dolomitisierung vollzieht sich, wie es scheint (nach Philippi), in Sedimenten, die sehr rasch und unter Meeresbedeckung erhärten und als deren bekanntester Typus eben der Korallenkalk zu nennen ist.

Skeats[1]) beobachtete an jungen Riffkalken (z. B. den Schutt oder Detrituskegeln von Inseln und Schuttmänteln von Riffen), daß in einzelnen Fällen eine Dolomitisierung, wahrscheinlich unter dem Meeresspiegel, eingetreten war, während dies bei anderen nicht der Fall war. So fand sich z. B. auf der in der Sunda belegenen Christmas Island, ferner in der Fidschi- und in der Tongagruppe fast reiner Dolomit zusammen mit Kalk vor, wobei die stratigraphische Verteilung scheinbar eine ganz unregelmäßige ist.

In allen diesen Riffen ist der Magnesiagehalt niemals bis zum Normaldolomit gestiegen.

Auf Christmas Island (bei Java) sind, ähnlich wie auf Nauru, dolomitische Pinnakel vorhanden; sie enthalten zwischen 31,96 und 40,88 % $MgCO_3$; dort sind besonders die oberen Kalke dolomitisiert, die dem Tertiär angehören. Andere Kalke von dieser Insel haben (Analysen nach Skeats) $CaCO_3$ und nur 1,72—3,19 % $MgCO_3$ und mit 0,15—0,70 % $Ca_3P_2O_8$. Auf andern Inseln wechseln direkt Dolomite und Kalke lagenweise ab.

Nach Skeats Vermutung soll durch Kohlensäure, die bei der Zersetzung der auf dem Riff befindlichen Organismen entsteht, eine Zersetzung des Magnesiumsulfats und Ausfällung von Dolomit herbeigeführt werden können.[2])

Die chemische Seite scheint bei Skeats Auseinandersetzungen, so interessant sie sind, ziemlich schwach zu sein. Eins aber scheint festzustehen: daß die Dolomite sowohl aus kohlensaurem Kalk entstehen können, als auch, daß sie sich aus Lösungen abzuscheiden vermögen, d. h. daß sie Bildungen durch Abscheidungen aus wässerigen Lösungen ohne Einwirkung hoher Temperaturen sind; in dieser Beziehung hat Skeats zweifellos recht.

Unter dem Einfluß der Atmosphäre auf den Fidschiinseln haben die gehobenen Riffkorallen und ihre Teile (nach E. C. Andrews) eine erhebliche Veränderung erfahren; sie sind mit einer harten, klingenden Kruste umgeben, während im Innern das Material sich unverändert und weich erhalten hat. Andrews berichtet auch über eine partielle Dolomiti-

[1]) E. W. Skeats: The Chemical composition of Limestones from Upraised Coral Islands, in Bull., Mus., Compar. Zool. Harvard 1908.

[2]) Die Skeats'sche Erklärung ist durchaus unbefriedigend, da schon die oberen Schichten des jungen Riffs Naurus magnesiareich sein müßten; s. übrig. »The Atoll of Funafuti, by order of the Royal Society.

sierung; zuerst werden die Poren der Korallen dolomitisiert und diese verschwinden dann vollständig.

Wir haben bereits dargetan, daß wahrscheinlich die meisten Koralleninseln der Südsee entstanden sind durch das langsame Versinken des Meeresbodens, während gleichzeitg die auf einer ursprünglich über das Wasser ragenden, oder aber jedenfalls nicht tiefer als 30—40 m befindlichen festen Erhebung angesiedelten Korallentierchen bei fortschreitender Senkung den Raum bis zur jeweiligen Wasseroberfläche mit ihren kalkigen Ausscheidungen ausbanten.

Auf diese Weise muß schließlich bei fortgesetzter bedeutender Senkung ein Korallenbau von großer Höhe, wenn man denselben vom Meeresgrunde aus betrachtet, oder großer Tiefe, wenn man von der Riffoberfläche aus spricht, entstanden sein.

Durch die Bohrungen in Funafuti,[1]) ein Atoll in der Ellicegruppe, hat die Darwin'sche Theorie der Korallenbildungen an Wahrscheinlichkeit gewonnen; sie sind bis zu einer Tiefe von 1114 Fuß ausgeführt worden. J. W. Judd fand nach seiner Tabelle die folgenden Magnesiagehalte; zum Vergleich diene das Ergebnis von Bohrungen in Key-West,[2]) Florida:

Funafuti (Auszug)

Tiefe in Fuß	Proz. Mg CO₃	Tiefe in Fuß	Proz. Mg CO₃
4	4,23	637	2,44
15	16,40	638/9	20,44
20	11,99	640	26,33
25	16,00	660	39,77
35	9,10	670	41,54
40	5,85	690	41,18
50	3,20	755	39,12
80	4,90	866	20,06
100	2,11	875	40,25
150	3,90	950	43,00
190	0,79	1000	40,56
345	5,00	1061	26,63
400	3,10	1070	39,40
500	2,70	1114	41,05
600	1,06		

Key West

Tiefe in Fuß	Proz. Mg CO₃	Tiefe in Fuß	Proz. Mg CO₃
25	0,61	1325	1,30
100	1,61	1400	0,63
150	1,80	1475	1,53
350	3,51	1625	2,39
600	5,25	1850	2,35
775	14,07	2000	2,22
1125	1,81		

Der Gehalt an Ca CO_3 schwankte von 83,12 % bei 775 Fuß und 98,47 % bei 1400 Fuß Tiefe.

Die Ergebnisse dieser Bohrungen sind interessant für die vorliegende Abhandlung. Erstens demonstrieren sie die große Tiefe, zu der der Meeresboden sinken kann — in beiden Fällen wurde die Basis der auf-

[1]) The Atoll of Funafuti. London 1904. By the Royal Society.

[2]) George Steiger im Bullitin 228, 1904, U. S. Geol. Survey.

lagernden Dolomite resp. des (in Calcit veränderten) Korallengesteins durch die Bohrung nicht erreicht — damit eine enorme Mächtigkeit der Schicht des korallischen Aufbaus der Inseln beweisend, zweitens aber erscheint es offenkundig, daß aus den Bohrungsergebnissen nicht auf die Umstände, welche zur Dolomitisierung der einen Insel und zur Calcitisierung der andern führten ohne weiteres geschlossen werden kann, daß also durch zunehmenden Druck stets eine Dolomitisierung einträte. Der größere Gehalt an Magnesiumkarbonat bei 15—25 Fuß Tiefe auf Funafuti wird von Judd etwaigen Auslaugungen von Kalksalzen zugeschrieben. Der schnelle Abfall des Gehalts an Mg CO_3 bis zu 50 Fuß Tiefe scheint mir jedoch die Erklärung Judds nicht ganz befriedigend zu machen, auch wenn man die verschiedenen Löslichkeiten berücksichtigt. Die sonstigen Unregelmäßigkeiten bis zu einer Tiefe von 638 Fuß mögen vielleicht den wechselnden Mischungsverhältnissen der riffbauenden Tiere (Korallen, Stachelhäuter, Krebse, Foraminiferen) und Pflanzen (Algen), von denen einige der letzteren kalkige Ausscheidungen bis zu über 13 % Magnesiumcarbonat produzieren, zuzuweisen sein. (Nach Högbom besonders die Lithothamnion. Doch enthalten nach Walter, Skeats und anderen auch Halimeda und andere Algen bis zu 6 % Mg CO_3, während der Magnesiagehalt der Korallen gering ist.)

Diese immerhin nicht sehr bedeutenden Magnesiakarbonatmengen, die sich durch die Algen abscheiden und dem Riff zumischen, können natürlich keine Erklärung für die nahezu vollständige Dolomitisierung des Inselfossils (wenn man den gehobenen Teil so bezeichnen will) Nauru abgeben. Es scheint, daß auf Nauru, dessen rezentes Riff sich verhältnismäßig hoch aufgebaut hat, die jetzige oberste Schicht desselben mehr aus Rückständen von Algen als aus Korallen (bis auf mit den Algen zusammengekitteten Korallensand und Débris) zusammensetzt, da die lebenden Korallenformen auf der Riffplatte fast völlig verschwunden sind (wohl aber ist das Riff belebt von vielen anderen Tierformen: Stachelhäutern, Fischen, Holothurien, Würmern), doch ist zuzeiten eine sehr kräftige Algenvegetation zu beobachten, wie bereits bemerkt wurde. Unregelmäßigkeiten in der Zusammensetzung des Riffs betr. des Magnesiagehalts werden dadurch erklärt. Die zuweilen auf dem Riff in der Nähe des Sandstrandes befindlichen glatten plattenförmigen Erhöhungen bis zu einem Fuß und selbst mehr Dickte zeigen wenig Korallenstruktur und scheinen im wesentlichen Algenkalk zu sein.

Zur Umwandlung des Aragonits in Kalkspat möge folgendes bemerkt sein: Die wenig stabile Form von Ca CO_3 des Aragonits der Korallen kann sehr wohl in Menge durch Ankristallisieren von Kalkkarbonat aus Lösungen vergrößert werden, doch scheint größerer Druck eine Konversion in Calcit zu verursachen. Die jüngeren Korallen Naurus zeigen jedenfalls, wenn sie den oberen Schichten des Riffs entnommen sind, die zwei

chemischen Unterscheidungsmerkmale des Aragonits[1]) (von Calcit) sehr gut: Das Korallenpulver, mit Kobalt-Nitrat befeuchtet, färbt sich lila (rotblau); die Farbe nimmt beim Kochen an Intensität zu; ebenso bildet es mit Eisenvitriol einen grünlichen Niederschlag von Eisenoxydulhydrat, die letztere Reaktion besonders ist eine sehr gute für Aragonit.

Der Dolomit Naurus, dem stets Calcit beigemischt ist, zeigt in allen Fällen mit Kobalt-Nitrat keine Farbenveränderung in der Kälte, während mit Eisenvitriol eine gelbliche Trübung (basisches Eisenoxydkarbonat?) erzeugt wird. Beide Reaktionen deuten auf Calcitform des beigemischten Kalkes. Die im Dolomit Naurus befindlichen Petrefakten sind wohl zum größten Teil (vielleicht sämtlich) Steinkerne; oft sind Hohlräume an Stelle der Fossilien getreten, die zuweilen ganz oder zum Teil mit Kalkspat- oder Dolomitkriställchen ausgefüllt sind.

Es muß die Tatsache konstatiert werden, daß auf Nauru Aragonit und Dolomit nie in inniger Mischung zusammen vorkommen;[2]) in den Fällen, in denen sich kohlensaurer Kalk nachträglich (wie z. B. in Höhlen als Stalaktiten) auf Dolomit abgeschieden hat, ist es stets in der Calcitform gewesen; die Halbfossilien, die in tieferen Schichten des jüngeren Korallensandes angetroffen werden und die sich durch starke Verdickung der Schalen (besonders von Konchylien) charakterisieren, sind schon teilweise aus Calcit bestehend

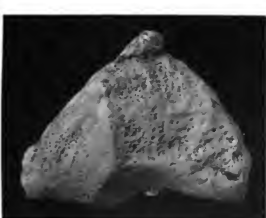
Das Ozeanwasser in der Südsee ist keine gesättigte Lösung von kohlensaurem Kalk; die riffbauenden Korallentierchen setzen der zerstörenden und lösenden Einwirkung der Wellen und des Seewassers an den Riffen heftigen Widerstand entgegen, da sonst die Koralleninseln in kurzer Zeit vernichtet würden. Die $Ca^{••}$ und CO_3'' Jonen sind gleichzeitig im Meereswasser vorhanden; sie haben ihren Ursprung teilweise im Regenwasser (Kohlensäure), teilweise stammen sie aus Lösungen von Kalk- und Dolomit-Gesteinen, und ferner werden sie durch Lebensprozeß der Meeres- und Riffbewohner und endlich bei der Fäulnis und Verwesung organischer Substanzen in großer Menge erzeugt, auch sind Kalksalze im Meerwasser gelöst vorhanden (z. B. $Ca\,SO_4$, $Ca\,Cl_2$, $Ca\,CO_3$). Die Zementierung des Korallendebris (die auch selbst oft schon in der Tiefe von einigen Fuß losen Korallensand zu einem mehr oder weniger festen Korallensandstein zusammenfügt), auf der Riffplatte ist wohl einerseits der wechselweisen Einwirkung von Kohlensäure (auch durch den Regen eingeführte) und Kalksalzen, dann aber auch den bei der Verwesung der Eiweißkörper entstehenden Ammoniaksalzen, die eine Ausfällung und ein

---

[1]) W. Meigen, im Zentralbl. Min., Geol. und Pol. 1901; Ber. Oberrh. geol. Verein 1902, Ber. Naturf. Ges. Freiburg 1905.

[2]) Das Ueberwachsen eines dolomitischen Untergrundes mit jungen Riffkorallen und Ueberwaschen des Strandes mit Débris im Osten der Insel gehört nicht hierher.

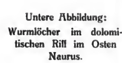




Tafel VII.

Obere Abbildung:
Stück eines den Atmosphärilien ausgesetzten Dolomitpinnakels, die Verschrettung deutlich demonstrierend. Man sieht tiefe Löcher, Miniatur-Karrenfelder, Höhlen und scharfe Zacken.

Mittlere Abbildung:
Einwirkung des Meereswassers auf die Oberfläche des Dolomits (dolomitische Riffplatte im Osten Naurus; zeigt geglättete Oberfläche).



Untere Abbildung:
Wurmlöcher im dolomitischen Riff im Osten Naurus.



Zusammenkristallisieren des Korallengesteins, d. h. des kohlensauren Kalks (und mehr oder weniger von Magnesia) bewirken, zuzuschreiben;[1] auch die Reduktion des gelösten schwefelsauren Kalks durch faulende organische Substanzen in Gegenwart der Kohlensäure spielt bei Härtung des Korallenriffs eine Rolle. Diese Vorgänge hier weiter zu verfolgen, liegt nicht im Plane der vorliegenden Arbeit;[2] die vorstehenden Daten sollen nur das Verständnis der bei der Bildung rezenter und älterer Korallenbauten vor sich gehenden chemischen Prozesse erleichtern. Die Ausfällung so bedeutender Magnesiamengen aus dem Meerwasser durch diese Reaktionen, daß damit die Bildung des Dolomits auf Nauru erklärt werden kann, ist jedoch bei diesen Umsetzungen nicht recht möglich.

Bei Nauru (und auf Ozean Island und Makatea) stehen wir vor dem fait accompli, daß abgesehen von jüngeren Korallen, dies Korallengestein (Inselfossil), d. h. der kohlensaure Kalk sich bereits in Dolomit verwandelt hat. Bis auf einige in Höhlungen des Dolomitfelsens sitzenden Steinkerne von Korallen (deren ursprüngliche Septen, Böden und andere Kalkorgane völlig verschwunden sind) nähert sich die Zusammensetzung des Gesteins dem Normaldolomit; dennoch ist in keinem Fall die Dolomitisierung vollständig; sie ist in keinem Fall vollkommen bis zu $Ca\,Mg\,(CO_3)_2$ gelangt.[3])

Karrenfelder und Verkarstung. Wenn man sich von Nauru das Phosphat entfernt denkt, so würde sich unsern Augen der Anblick eines ungemein zerrissenen Karren- und Schrattenfeldes darbieten. Tiefeingegrabene Schlünde und Schlote, die oft große Tiefen erreichen, großartige Zacken, Schratten, Türme, Furchen, Pinnakel und Felspartien, zumal an den Abhängen der Hügelzüge vervollständigen das Bild einer wildzerrissenen Landschaft, von einer unbeschreiblichen Szenerie, wie sie vor der Zeitder Niederlassung der guanoproduzierenden Seevögel vorhanden war.

Die tiefergelegenen Stellen Naurus, d. h. die ehemaligen Wasserbecken, zeigen diese zerrissenen Formen in weit geringerem Maße, da dort eine horizontale Abrasion durch des ein- und ausströmenden Wassers einsetzte

[1]) Es ist wahrscheinlich, daß auch die Algen einen Einfluß auf die Solidifizierung des Riffs haben.

[2]) Erwähnenswert ist jedenfalls der hohe Kohlensäuregehalt in den Nauru-Wässern und überhaupt im Innern der Insel. Die Höhlen enthalten oftmals schlechte Luft; in einem in der Nähe des heutigen 5000 Tons haltenden Phosphatspeichers gegrabenen Loch wurde ein in dasselbe steigender Kanaka bewußtlos und konnte nur mit einiger Schwierigkeit emporgeholt werden. Andere, ähnliche Fälle sind ebenfalls bekannt.

Die kohlensäurehaltigen Wässer stehen zuweilen unter einigem Druck und scheiden beim Stehen kohlensauren (magnesiahaltigen) Kalk und phosphorsauren Kalk ab.

[3]) Nach Alb. Vesterberg (Bull. geol. Inst. Univ. Upsala 1900) kann man selbst aus magnesiaarmen (1—2 % $MgCO_3$ haltigen) Kalksteinen fast reinen Dolomit durch Behandeln mit sehr verdünnter Essigsäure isolieren.

und sich, später, noch die chemische Einwirkung von gelösten Guanobestandteilen und der Nitrification von stickstoffhaltigen Körpern ihren Einfluß auf den Dolomit geltend machte.

Nachdem die dolomitisierte Koralleninsel dem Meere entstiegen war, war sie der lösenden Wirkung des (kohlensäurehaltigen) Regenwassers ausgesetzt; man muß ferner eine starke Zerklüftung und ein Reißen der Felsen, wie dies sowohl bei Kalken als bei Dolomiten häufig der Fall ist, annehmen. Karrenfelder entstehen überall da, wo Kalk- und Dolomitmassen unbedeckt zu Tage treten. (Kayser-Gießen.)

Die Verschrattung Naurus hat zweifellos unter dem Einfluß lokaler Verhältnisse stattgefunden: starke tropische Regengüsse mit längeren Trockenheitsperioden wechselnd und dadurch wohl ein Rissigwerden und Zersprengungen der Felsen bewirkend, dann aber die höheren Temperaturen, die dort herrschen, und ihr den von den europäischen Dolomitschratten etwas abweichenden Charakter verliehen haben. Wir müssen annehmen, daß die Wärme auf Nauru eine stärkere und ziemlich schnelle Erosion des Gesteins bewirkt hat. Die Karren und Schratten sind an sanft geneigten Ebenen in den Dolomiten [1]) zu finden; sie kennzeichnen sich durch senkrechte Spaltungen, die sich durch das Gestein nach allen Richtungen hinziehen, aus (obgleich man auf Nauru in der Nähe des Sprengstoffhauses Andeutungen parallel laufender Wände konstatieren kann). Der Beginn der Schrattenbildung, wie man sie in Europa verfolgt hat, [2]) charakterisiert sich durch feine Rinnen und Furchen und zwar durch direkte Auflösung des Dolomites vermittelst des auffallenden und abfließenden Regenwassers entstanden. Diese zunächst winzigen Wasserläufe vergrößern sich rasch im Laufe der Zeit; da die erodierende Kraft des Wassers auf den Boden des Rinnsales eine größere ist als auf die Seitenwände, vertieften sich die Furchen mehr als sie sich verbreiterten. Außer der durch Lösung entstandenen Furchung durch fließendes Wasser mußte gerechnet werden mit Fallwirkung des Wassers, wechselnder Neigung des Schrattenfeldes, Stoß des herabrieselnden Wassers, Zerklüftung des Gesteins, Reibung von in kleinen Höhlungen vorhandenen Gesteinspartikeln, die durch das herabfließende Wasser in Bewegung gesetzt wurden und (mörsermühlenartig) stark vertiefend auf die Unterlagen wirkend Trichter und senkrechte Schlote bildeten, so daß schließlich das scheinbar gänzlich regellose Gewirr der Schrattenbildungen Naurus entstand.

Bei europäischen Karrenfeldern im Kalkstein sind die Vertiefungen der Oberfläche rund, oval, röhrenförmig, bei Dolomiten scharfkantig, in Ländern mit kühlerer Temperatur seicht; im Nauru-Dolomit haben

---

[1]) Sonst auch, vielleicht sogar meistens, in Kalken.

[2]) Albert Heim, Karrenfelder, Jahrb. Schw. Alpenklub, ferner Fr. Tucan, Oberfl. b. Karbon. Gest. Centralbl. f. Mineral., 1911, F. Ratzel: Über Karrenfelder 1891, ferner i. d. Wissensch. Ergänz. Hefte z. Ztschr. d. Deutsch-österr. Alpenvereins Bd. I 1912.



Bild IV.
Höhle im dolomitischen Inselfossil Naurus.



Tafel VIII c.
Sand- und feinkörniges Phosphat von Nauru (natürl. Größe). Dies Material macht einen sehr großen Teil, vielleicht mehr als die Hälfte allen Nauruphosphats aus.

sich die Furchen oft bis zu 15 m und vielleicht teilweise noch tiefer eingegraben.[1]) Es ist anzunehmen, daß auch die Verschiedenheit der Zusammensetzung des Dolomits eine Rolle in dem Weglösen des Gesteins spielte, da der im Überschuß (über $Ca\,Mg\,[CO_3]_2$) vorhandene Kalk sich leichter als der widerstandsfähigere Dolomit löste. Nach Tucán sind die Umrisse der Kalkspatindividuen zickzackförmig, während sie beim Dolomit mehr oder weniger gradlinig sind; sie greifen deshalb nicht ineinander, sondern berühren sich nur an einzelnen Teilen. Auf dieser Tatsache beruhen die Verschiedenheiten zwischen den Oberflächenformen der Kalksteinkarren (rund und glatt) und der Dolomite (zerrissen, scharfkantig, rauh); oft trennen sich die Dolomitspatindividuen durch Weglösung des zwischengelagerten Kalkes als Dolomitischer Sand ab.

Während auf Nauru durch die Einwirkung des zwischen die Pinnakel gelagerten Phosphats die scharfen Formen, Ecken und Linien der Felsen an den bedeckten Stellen abgeschwächt sind, bietet jedes Stück der den Atmosphärilien ausgesetzten Oberfläche der Dolomitfelsen und Pinnakel den Anblick eines Karrenfeldes en miniature dar, die Neigung des Dolomits, unter dem Einfluß des Regenwassers Schratten, Höhlen, Pinnackel, Schlunde und zerrissene Felspartien zu bilden, bestens dokumentierend. (S. Bild.)

Die Formen der Oberfläche der Dolomitfelsen sind am zerrissensten in der Nähe des Ostrandes Naurus, da der dort durch die Brandung gebildete und an das Land wehende Wasserstaub ebenfalls zerstörend auf den Dolomit wirkt.

Analysen von Dolomiten Naurus.

(Auszüge aus einer Anzahl (meist in Gießen ausgeführten) Untersuchungen.)

Pinnakel vom Phosphatfelde:

55,24 % $Ca\,CO_3$
40,78 % $Mg\,CO_3$
0,51 % P_2O_5 = 1,11 % $Ca_3P_2O_8$
0,41 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$

Pinnakel von der Ostseite, vom Flachland:

35,70 % $Mg\,CO_3$

Dolomitfels aus dem Steinbruch, etwa gleicher Höhe mit dem Flachland, ca. 28 m tief von der Höhe des Phosphatfeldes gemessen:

37,67 % $Mg\,CO_3$
Rest im Wesentl. $Ca\,CO_3$

Brandungs-Strand vom Ost-Riff aus (Enniberi-Bucht)

5,70 % $Mg\,CO_3$
92,20 % $Ca\,CO_3$
(Infiltration in Argonit).

Auf dem Riff der Ostseite (Enniberi Bay) emporragenden Dolomitfelsen:

0,46 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
52,26 % $Ca\,CO_3$
43,35 % $Mg\,CO_3$
Wasser, Cl, SO_3, P_2O_5 unbestimmt

Feiner Schlamm von der Ostseite Naurus (Windseite) erhärtet um einen

[1]) In der Mitte der Insel befinden sich tief in das Inselfossil hineinragende schacht- oder röhrenförmige, senkrechte Öffnungen, die wohl von mancher Seite als vulkanische »Krater« angesehen wurden. Eine dieser tiefen Röhren ist wiederholt bestiegen worden.

auf dem Riff stehenden Dolomitfels gelagert:
1,46 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
57,00 % $CaCO_3$
40,64 % $MgCO_3$

Steinkerne von Korallen aus einem Hohlraum mit Calcitschicht an der Oberfläche:
29,91 % $MgCO_3$
Rest im Wesentl. $CaCO_3$

Mit Wurmlöchern durchbohrtes Stück Dolomit:
36,70 % $MgCO_3$

Riffplatte von der Enniberi Bucht, 18 m vom Strande entfernt:
0,39 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
36,19 % $MgCO_3$

Im Norden der Insel: Felsstück vom Riff:
33,72 % $MgCO_3$
2,75 % $Ca_3P_2O_8$

Fels vom Steinbruch, 25 m Tiefe vom Phosphatfeld:
44,31 % $MgCO_3$

Inneres eines großen Pinnakels von Nauru mit dünnen Phosphatüberzügen auf den Rissen:
1,07 % H_2O
5,12 % $Ca_3P_2O_8$
40,17 % $MgCO_3$
0,27 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$

Feiner Schlamm von einer anderen Stelle der Ostseite, ebenfalls erhärtet:[1])
4,40 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
56,04 % $CaCO_3$
39,22 % $MgCO_3$

NB. Dieser aus feinstem Schlamm, der sich auf dem zeitweilig vom Wasser entblößten Riff fest um vorhandene Felsen, wenn auch nur in vergleichsweise geringen Mengen, ansetzte und erhärterte, ist wegen des einzig auf Nauru dastehenden hohen Eisenoxyd- und Thonerdegehalts interessant. Vermutlich ist es feinst zerriebener dolomitischer Riffschlamm, aus dem sich ein Teil des Calcium- und Magnesiumcarbonats herausgelöst hat und sich so mit R_2O_3 anreicherte. Wie dem auch sei: Wenn nach Darwin die feinsten Schlämme, die sich auf Riffen befinden, aus dem Darm von Fischen und Holothurien, die das Riff in großer Menge bevölkern, stammen sollen, (die die Polypenfelder abweiden), so möchte ich doch feststellen, daß dies nicht der Fall sein kann, da abgeweidete und verdaute junge, lebende Korallen nicht den hohen Magnesiagehalt haben würden. — Das Stück Riff vom Brandungsstrand (einige Meter vom Steilabfall der Außenkante des Riffs entfernt genommen), ist arogatischer Korallenfels, dem Infiltrationen von magnesiahaltigen Wassern wohl den Gehalt an $MgCO_3$ verliehen haben, wenn man nicht beginnende Dolomitisierung annehmen will. Dagegen spricht meines Erachtens die Tatsache, daß das Material kein Calcit, sondern Aragonit ist. Jedenfalls ist das Gestein eine ganz rezente Bildnng.

Die Vertikalbewegungen der Dolomitinsel Nauru haben langsam stattgefunden und sind vermutlich mindestens zwei Aufwärtsbewegungen mit einem dazwischen liegenden Untertauchen in vorphosphatischer Zeit anzunehmen: einmal, als der ersterstandene Teil Naurus, die Buada-Lagune mit den sie umgebenden Höhenzügen, d. h. früherem Ringriff, sich erhob; dann erfolgte die Submersion, während welcher wahrscheinlich die Dolomitisierung stattfand und sich die weiteren Korallenriffkränze (Barrierenriffe) anbauten, darauf endlich trat, nachdem die Insel sich wieder langsam aus dem Ozean erhob, die Karrenfelder-Bildung ein.

[1]) Siehe auch die sechste Analyse dieser Tabelle.



Bild V.

Teilweise ausgearbeitetes Phosphatfeld am Hügelabhang (zwischen 4—10° Neigung). Dolomitisches Kerren- oder Schrattenfeld (Pinnakel). Das sand- und kiesartige, lose zwischen den Felsen lagernde Phosphat, das vor dem [illegible] VII, oben.)

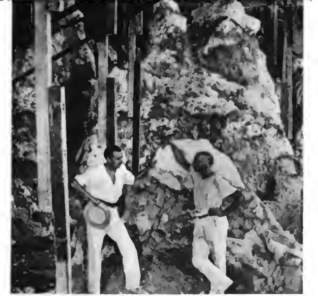


Bild VI.

Pinnakel mit Phosphatkrusten von ½—10 cm Dicke bedeckt. (Die dunklen Stellen auf den weißen Felsen.) Bemerkenswert ist, daß diese 78—85½ % $Ca_3P_2O_8$ enthaltenden, auf Dolomiten lagernden und daraus hervorgegangenen Phosphat-Platten fast keine Magnesia enthalten. (S. Tafel VIII b, I u. m.)

Daß der Anbau der die Lagune excentrisch umgebenden Barrierenriffe erst zu der angegebenen Periode erfolgte, schließe ich unter anderem daraus, daß zwar die zoologischen und botanischen Formen der Riffbildner im Norden und Osten der Insel im großen und ganzen dieselben sind um die Lagune; dennoch ist ein deutlicher Unterschied in der Weise zu konstatieren, daß in beiden Inseldistrikten verschiedene Arten vorherrschend sind. Im Osten und Nordosten der Insel zumal scheint eine Neigung zur Bildung von vertikaler Absonderung in Platten vorhanden zu sein (möglicherweise durch riffbildende Algen hervorgerufen).

Die Abwesenheit von irgend größeren Mengen von Eisenoxyd, Tonerde und Kieselsäure in den Phosphaten (d. h. zusammen weniger als 1 %, meist nur ca. 0,4—0,6 %) und der außerordentlich geringe Gehalt an $Fe_2 O_3$, $Al_2 O_3$ und Silicaten in den Naurukorallen, jüngeren und älteren, der zwischen 0,25—0,48 % $R_2 O_3$ und wenig $Si O_2$ beträgt, im Vergleich zu Korallen in der Nähe von Basalten, Laven etc., die meist viel mehr enthalten (z. B. eine jüngere Ponape-Koralle enthielt neben ca. 1 % $Al_2 O_3$ und $Fe_2 O_3$ viel Kieselsäure; es liegen Analysen bis 4 % $Si O_2$, $Fe_2 O_3$ und $Al_2 O_3$ in solchen Korallen vor) ist bemerkenswert. Besonders wenn die Koralle nennenswerte Mengen von Phosphorsäure enthält, schlägt sich gern $R_2 O_3$ darin nieder. Die ältere, also dolomitisierte Koralle Naurus sollte, wenn sie in der Nähe Silicatgesteine vorkommen würden, noch weit mehr diese Verunreinigungen enthalten, da sich stets Eisen, Tonerde- und Kieselsäureverbindungen aus Silicaten im Meerwasser in verhältnismäßig großer Menge lösen, die sich dann im Kalk, Dolomit und Phosphat fixieren. Es muß aus diesem geschlossen werden, daß sich die Basis der Insel, die, wenn man sie nach Darwin und Dana erklärt, wohl aus Silicaten besteht, jetzt in eine sehr große Tiefe versunken sein muß, die im Verein mit einer außerordentlich dicken Korallen- (resp. Dolomit-) Bekleidung der basalen Erhebung ein Auslösen von Eisenoxyd, Tonerde und Kieselsäure, trotz der Porosität des Gesteins unmöglich macht. Auf eine große Mächtigkeit der Korallenschicht deutet auch die große Tiefe des Nauru umgebenden Meeres.

Mit der erwähnten Schratten- und Karrenfelder-Bildung ist nebenher die Bildung von Höhlen und unterirdischen Wasseransammlungen vor sich gegangen (die sich jetzt noch fortsetzt) und wenn sich das Wasser in denselben nur wenig über dem Niveau des offenen Ozeans hält, so ist die große Porosität des Gesteins und die zweifellos vorhandenen, wenn auch engen Süßwasserkanäle, die an einigen nachweisbaren Stellen einige Meter tief unter dem Meeresspiegel am Riff in den Ozean einmünden, daran schuld.[1])

[1]) Die Arbeiter der Phosphat-Gesellschaft und die Nauru-Eingeborenen pflegen gern an diesen Stellen zu tauchen, um sich in dem frischen Wasser abzukühlen. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, daß ein solcher Kanal bei der Herstellung eines Docks oder Hafens verwendet werden kann. S. übrigens auch Makatea.

Es sind auf Nauru mehrere Höhlen von großer Ausdehnung bekannt, die teilweise einen kleinen See aus brackischem, fast süßem Wasser enthalten; wie beim Wasser der Laguue, äußert sich auch hier Ebbe und Flut in beschränktem Maße. Die ganze Erscheinung möchte ich als ein wohlverstanden den lokalen Verhältnissen angepaßtes Karstphänomen bezeichnen: Großartige Höhlen mit Kalk-, Dolomit- und Phosphat-Stalaktiten, Spalten, Pinnakel, Klüfte, Einstürze von Felsen, Wasserdurchdringungen und Wasseransammlungen, die durch die einwirkende Flut einen Einschlag von Salzwasser erhalten.

Obgleich Koralle und Dolomit durchaus wasserdurchlässig sind, bieten doch da, wo die Oberfläche der Höhlen mit Phosphathäuten überzogen ist, diese phosphatischen Niederschläge ein mehr oder weniger wenigstens teilweise wasserhaltendes undurchlässiges Medium dar, die Zirkulation des subterranen Wassers innerhalb der Insel nach gewissen Stellen zu leitend und ausgesprochene Wasseransammluugen, die über dem Niveau des Meeresspiegels liegen, verursachend, die durch Kanäle ins Meer geleitet, als Süßwasser-Quellen an der Außenseite des Riffs zu Tage treten. Bei Makatea treten sogar drei solcher Wasserläufe ins Meer.

Vermutlich ist nur der kleinste Teil der Höhlen Naurus bekannt, d. h. diejenigen, die zufälligerweise eine leicht auffindbare Oeffnung nach außen haben; sie nehmen wahrscheinlich einen bedeutenden Raum der Insel ein.

Einige Analysenresultate werden vielleicht zur Erklärung der beschriebenen Vorgänge dienlich sein:

Reiner Dolomit (Normaldolomit) enthält: 54,35 % $CaCO_3$
45,65 % $MgCO_3$

10000 Teile mit CO_2 gesättigten Wassers lösen von Calcit 11,6 Teile, von Dolomit nur 3,1 Teile (der einschläg. Literatur entnommen).

Jüngere Koralle von Ponape, von einem jetzt trockenem Riff (Magnesiahaltige Basaltinsel mit ausgedehnten Korallenriffen):

Feuchtigkeit	1,32 %
Phosphors. Kalk	3,03 %
Magnesia	2,70 %
(gleich Kohlens. Magn.)	(5,67 %)
Eisenoxyd und Tonerde	0,92 %

Unlösbare Silicate wurden leider nicht bestimmt. Rest hauptsächlich: Kohlensaurer Kalk.

Korallensand von Nauru (jüngere Koralle)

1. vom Flachland: nahe Gleis

H_2O	14,70 %
$Ca_3P_2O_8$	4,10 %
MgO	1,53 %
R_2O_3	0,29 %

2. vom Strande:

$Ca_3P_2O_8$	4,28 %

3. nahe Wasserloch:

$Ca_3P_2O_8$	2,17 %



Bild VII.
Lagune (Buada) auf Nauru.

Rest im Wesentlichen kohlensaurer Kalk; fast quantitativ in HCl löslich.

Das verhältnismäßig mehr Kalk als Magnesia noch heute der Insel durch das durchsickernde Wasser entzogen wird, zeigt sich daran, daß das Wasser der Buade Kalk: Magnesia im Verhältnis wie 5:1 enthält; ein vom Verfasser gegrabener Brunnen enthielt in der Regenzeit:

p. Liter:		
	Trockensubst.	0,320′,
	Glührückstand	0,220′,
	CaO	0,080′,
	MgO	0,030′,
	$NaCl$	0,050′.

Jüngere, lebende Koralle von Nauru:

0,23 % MgO
0,20 % $R_2O_3 + SiO_2$

Es sei rekapituliert:

Nauru ist also, soweit sich dies ohne kostspielige Tiefbohrungen beurteilen läßt, eine reine Koralleninsel, aufgebaut auf einen im Laufe der Zeit versunkenen Kern massiven Gesteins oder vulkanischer Tuffe, der sich jetzt in bedeutender Tiefe befindet und auf dem und um den sich mächtige Korallenriffe gebaut haben, die, wenn man von rezenten Riffbildungen absieht, zum mindestens in ihrem oberen Teile und zu bedeutender Tiefe in ihrer ganzen Masse dolomitisiert und jetzt mit Phosphatablagerungen bedeckt sind. Ein Wegführen des kohlensauren Kalks (und in geringerem Maße der kohlensauren Magnesia) findet auch heute noch durch den lösenden Einfluß des Wassers statt; diese Weglösung ist im Laufe der vorphosphatischen Periode die Ursache großartiger Karren felder und Höhlenbildungen gewesen. Auch jetzt setzt sich die Bildung und Erweiterung der Höhlen fort, während durch die auflagernden Phosphate, die weitere Karrenfelderbildung eingeschränkt ist, wenn auch noch Kalk und Dolomit aus den oberen Straten weiterhin ausgelöst wird.

In der Zeit langsam aufsteigender Bewegung der Insel, während welcher die Karrenfelderbildung stattgefunden hatte, siedelten sich Mengen fischfressender Seevögel an. Für die guanoproduzierenden Vögel muß die aus einem fast kreisrunden Umfassungsriff, inneren Hügelketten und Felsen bestehende damalige Inselgruppe Nauru ein idealer Aufenthalts- und Brutplatz gewesen sein; der außerordentliche Fischreichtum dieser Gegend, der noch heute bemerkenswert ist, und der für die sich von

Fischen ernährenden Tiere in den geschützten inneren Wasser- und Lagunenbecken ein besonders reiches Tischlein-deck-dich gewesen sein muß, lockte gewaltige Schwärme von Seevögeln an, so daß Nauru dann für viele Jahrtausende die vielleicht großartigste Vogelkolonie repräsentierte, die je existiert hat.

Die Vorgänge bei der Phosphatbildung.

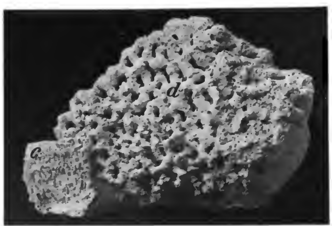
Die auftauchende und sich dabei verschrattende Insel- und Lagunen-Gruppe Nauru hat sich nur langsam und allmählich aus dem Meere erhoben. Während dieser Entwicklungsperiode strömten mit jeder einkommenden Flut und Ebbe das Ozeanwasser ein und aus, die einzelnen »Lochs«, um einen englischen Ausdruck zu gebrauchen, füllend und teilweise entleerend. Vermutlich waren die Ein- und Ausströmungskanäle zum Teil verhältnismäßig enge Passagen. Die die Wasserbecken und das Land bevölkernden Vögel ließen ihre Exkremente teilweise auf die hervorragenden Korallenfelsen, teilweise in das Wasser der Lagunen (wir wollen alle Wasserbecken Naurus so bezeichnen) fallen, wo dieselben als ein feiner Niederschlag zu Boden sanken, während sie von den Hügelketten und steilen Phosphatfelsen teilweise durch Regengüsse in die Lagunen hinabgespült wurden, teilweise ihre lösende und zersetzende Einwirkung auf die unterliegende Koralle äußerten. Mit der beginnenden Verschmutzung der Lagunen hörte auch das Korallenwachstum auf.

Die in den Exkrementen enthaltenen phosphorsauren Salze haben nun einen chemischen Einfluß auf die unterliegende Koralle, besonders das Débris, welches sich zwischen den Pinnakeln und dem Grunde der Lagunen in Form von Staub, Sand, feinem und grobem Kies eingeschwemmt hatte und durch die Wellen hin und her bewegt wurde, ausgeübt und sind der kohlensaure Kalk und der Dolomit mit den phosphorsauren Salzen in Wechselwirkung getreten.

Die marmorartig harten Pinnakeln haben naturgemäß der chemischen Einwirkung einen größeren Widerstand entgegengesetzt als der Sand und die kleineren Stücken; an den Abhängen der Hügel sind die Pinnakel meist gut erhalten, wenn auch durch phosphatischer Einwirkungen stark angefressen; die an diesen Felsen lose, als leicht abfallende Tafeln und gekrümmte Platten, anhaftenden weichen parallel gestreiften Krusten (die durch weitere Imprägnierung von Phosphatlösungen oft sehr hart und achatartig werden) sind zweifellos das direkte Infiltrationsprodukt von Guanoauflösungen auf Dolomit.

In den ehemals, während der Periode der Guanoproduktion, mit Wasser dauernd oder wenigstens während des höheren Wasserstandes gefüllten Lagunen ist nun sowohl durch das stromweise ein- und ausfließende Wasser wie auch die dadurch verursachte Bewegung von Sand- und Gesteinpartikeln eine Abrasion eingetreten, die die Wasserbecken





Tafel VIII a (a bis g):
Phosphatisierungsgrade.

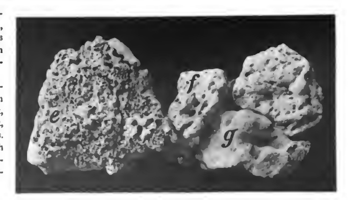
a u. b) Dolomitisierte Korallen (Steinkerne); diese Arten sind sehr häufig auch phosphatisiert anzutreffen (Mineralog. Institut, Gießen).

c) Teilweise phosphatisierter Dolomit.

d) Phosphatis. Koralle, ca. 83 % $Ca_3 P_2 O_8$.

e) Weiter mit Phosphatsubstanz imprägn., hart, 85-86½ % $Ca_3 P_2 O_8$, zeigt noch deutliche Korallenstruktur.

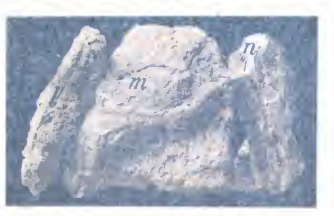
f u. g) Zeigen den Korallenursprung äußerlich nur noch wenig; hart, stark imprägniert, 87—90 % $Ca_3 P_2 O_8$. Die Poren sind durch phosphatische Substanz gänzlich aufgefüllt.







l) Weiche, [illegible] freie Phosphatkruste von einem Dolomitpinnakel (seitlich).
m. do., von vorn.
n) Weiter imprägnierte, sehr harte Kruste.
l und n zeigt Streifung parallel zur Pinnakeloberfläche.

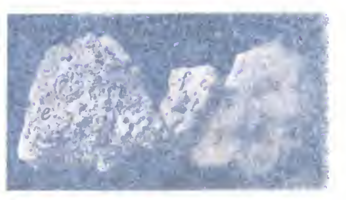






e) Wei[illegible]er mit Phosphat substanz imprä[illegible] halt. 85-86 [illegible] % $Ca_3P_2O_8$, zeigt [illegible]ch deutliche Ko[illegible]llen-struktur.

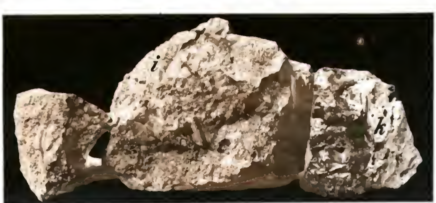
[illegible] e Zeigen den Korallen-ursprun[illegible] äußerlich nur [illegible] wenig hort [illegible] imprägnie[illegible] [illegible] Ca [illegible] [illegible]ren [illegible] [illegible]phat Sub-[illegible]nz [illegible] [illegible]h ach-[illegible]

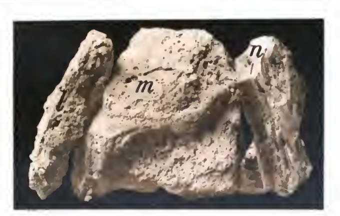




Talel VIIIb (h bis n):
Phosphatisierungsgrade.

h u. i) Phosphat-Achate.
k) Nauruit.





l) Weiche, magnesiafreie Phosphatkruste von einem Dolomitpinnakel (seitlich).
m) do., von vorn.
n) Weiter imprägnierte, sehr harte Kruste.

l und n zeigt Streilung parallel zur Pinnakeloberfläche.

vertieften und die vorhandenen Dolomitfelsen in ihrer Ausdehnung erheblich reduzierte; außerdem als die bemerkenswerteste Erscheinung ist durch die dauernde Einwirkung von, wenn auch verdünnten Guanolösungen ein Weglösen von großen Mengen Karbonatgestein resp. ein Umwandeln desselben in phosphorsauren Kalk eingetreten, so daß die Pinnakel in diesen Lagunen, (die ersteren sind an und für sich schon in geringerem Maße an diesen Orten vertreten als an den Hügelabhängen) z. T. völlig verschwunden, z. T. auf kleinere Dimensionen beschränkt sind, dann aber halbfertige Phosphatfelsen bilden, deren Außenseite, Hohlräume und Spalten mit braunem, oft körnigem Phosphat ausgekleidet sind, während ein innerer harter Korallenkern unzersetzt bleibt; alle Berührungsflächen zwischen Phosphat und Dolomit sind jedoch stets scharf abgegrenzt, so daß niedrigprozentige Phosphate, etwa 60prozentige, hier nicht vorkommen.

Die Hohlräume der Korallenfelsen zeigen die völlig phosphatisierte Koralle (Steinkerne) oft in wohlerhaltenen Exemplaren, während das zwischen den Pinnakeln liegende kiesartige Phosphat die Korallenstruktur meist weniger gut erkennen läßt; am meisten verschwunden ist die korallische Struktur in den ehemaligen Wasserbecken.

Zuweilen sind die Pinnakel (die ja als Teil des massiven Dolomitblocks der Insel mit diesem zusammenhängen) so stark von phosphatischen Flüssigkeiten zerfressen, daß sie in ihrem unteren Teile von einiger Tiefe an ganz in ein lockeres Phosphatmehl verwandelt sind, so daß sie den Zusammenhang mit dem massiven Dolomitfels völlig verloren haben und so als in Phosphat vollständig eingebettet als lose Blöcke erscheinen. Doch kann man stets noch deutlich die ehemalige Form des Pinnakels erkennen. Diese Erscheinung habe ich nie an den Abhängen der Hügelketten (die ja voller Pinnakel sind) gesehen und kommen wohl ausschließlich in den Restlagunen, in denen die wenigen Dolomitpinnakeln für eine weit längere Periode den zerstörenden Einwirkungen der (aus phosphatischen Lösungen bestehenden) Lagunenwässer ausgesetzt waren. Auch findet man in den ehemaligen Wasserbecken an den Pinnakeln sehr deutliche Strandlinien, die sich oft durch tiefeingeschnittene horizontale, parallel verlaufende Unterwaschungen und Auslösungen kennzeichnen; wo dieselben, wie dies wiederholt zu bemerken ist, von der Horizontale abweichen, sind Unregelmäßigkeiten während der früheren Vertikalbewegung der Insel anzunehmen.

Mit weiterer aufsteigender Bewegung haben die Wasserbecken an Menge immer weniger, aber desto konzentriertere Guanolösungen enthalten; die Zu- und Abflußöffnungen und Kanäle werden sich wahrscheinlich mit Phosphat, das sich aus Korallengeröll, Sand[1]) usw. gebildet

[1]) Aller »Sand« ist Korallensand, d. h. kohlensaurer Kalk.

hat, und anfangs wohl schlammige Beschaffenheit hatte, dann die Form harter Felsen annahm, ausgekleidet, schließlich zugekleistert haben.[1])

Der Verlauf der Zersetzung der Exkremente der fischfressenden Seevögel in wässerigen Lösungen, d. h. in den Lagunenwässern Naurus war ein komplizierter, es traten bei diesen Prozessen nicht allein rein chemische Umsetzungen auf, sondern eine Anzahl biologischer Vorgänge spielten sich dabei ab, die noch wenig bekannt sind.

An dieser Stelle können deshalb nur die hauptsächlichsten chemischen und biologischen Zersetzungserscheinungen und auch diese nur in großen Zügen einer Besprechung unterzogen werden, soweit sie für die Bildung der Phosphate durch Infiltration von Guanobestandteilen in Frage kommen. Die folgende Erörterung bildet gewissermaßen nur das Skelett der Vorgänge, die sich auf diesen Inseln abspielten; auf eine erschöpfende Behandlung der Infiltrations- und Imprägnationsvorgänge kann dieselbe keinen Anspruch machen und ist es fraglich, ob eine solche überhaupt möglich ist.

Der Verdauungsorganismus der Vögel ist etwas anders gebaut als derjenige der Säugetiere; im Wesentlichen charakterisiert er sich durch einen sehr kurzen Dickdarm; der Mastdarm erweitert sich am Austritt zur sog. Kloake, in welche auch die Samengänge resp. Eileiter und die Harnleiter sich öffnen. Die lange, breite und gelappte Niere, eine kleine Milz, große Bauchspeicheldrüse, eine große Leber und große Gallenblase unterscheidet die Vögel von anderen Tieren. Der Stoffwechsel ist ein außerordentlich reger, ein wärmeres Blut, gesteigerte Energie und Kraft, erhöhte Atmung und erhöhte Nahrungsaufnahme verursachend.

Es ist anzunehmen, daß die Fischfresser mit ihrer Nahrung bedeutende Quantitäten Seewasser verschlucken; die damit genossenen großen Salzmengen lassen einen bedeutenden Salzsäuregehalt des Magensaftes vermuten. Es scheint dieser auch wohl notwendig zu sein, um eine völlige Auflösung des in den Fischgräten und Knochen enthaltenen Tricalciumphosphats, das sich in erheblichen Prozentgehalt in den ge-

[1]) Viele der fälschlich Phosphatpinnakel genannten Phosphatblöcke, sowie große Phosphatsteine sind wohl solche Felsen; vermutlich hatte sich ein schlammiger Phosphatbrei in eine Höhlung des Dolomits angesammelt; nach dem Weglösen des letzteren blieb der Phosphatfels zurück. Alle Phosphatfelsen sind Konglomerate; sie sind z. T. in kleinere Fragmente zerbrochen.

Mindestens 95 % aller dieser Phosphatblöcke sind lose; sie sitzen nur sehr selten auf Dolomitpinnakeln. Noch seltener sind auf Nauru Dolomit und Phosphat mit einander fest verbunden. In Enniberi (im Osten) zieht sich, vom Hügel kommend, eine große Bank felsiges Phosphat parallel der Küste entlang; diese Felsenmasse hat vermutlich die Stelle eines vielleicht unterirdischen Verbindungskanals zwischen den Lagunen Naurus und dem Ozean eingenommen; die dieselbe umgebenden Korallen resp. Dolomiten sind weggelöst worden. Es kommen dort auch in seltenen Fällen Pinnakel vor, die eine horizontale Lage Phosphat zwischen dem Dolomit aufweisen. Wenn ich nicht irre, so steht noch ein solcher Felsen in der Nähe der Buada. (Photographie im Besitz des Dr. Hambruch-Hamburg.)



Bild VIIIa.

Hochgrädiges Phosphat. Der gesamte Erdboden besteht, mit Ausnahme der wenigen Dolomitpinnakel aus 85–90%igem Phosphat von 6–15 m Mächtigkeit in Form von schaufelfähigem Geröll und Sand.



Bild VIII b.
Beginn einer Eisenbahnlinie in ein Phosphatfeld.
(Mit Ausnahme weniger Dolomitpinnakel ist nur Phosphat vorhanden.)



Bild IX

Tieferlegen einer Gleislinie.





Bild V[illegible]
Beginn einer Eisenbahnli[illegible] in ein Phosphatfeld.
(Mit Ausnahme weniger [illegible]lomitpinnakel ist n u r
Phosphat vorhanden.)

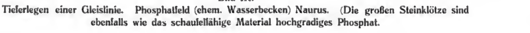


Bild IX.
Tieferlegen einer Gleislinie. Phosphatfeld (ehem. Wasserbecken) Naurus. (Die großen Steinklötze sind ebenfalls wie das schaufelfähige Material hochgradiges Phosphat.

nossenen Fischen findet, im Magen zu bewirken. Auch die Bildung der Acidalbumine aus den ja nicht vorzerkleinerten, sondern ganz verschluckten Fischen durch den Magensaft benötigt wohl einen größeren Säuregehalt des Magensaftes der Vögel. Das Produkt der Auflösung der Gräten und Fischknochen im Magen ist das Monocalciumphosphat.

Ein Teil des genossenen Fischfleisches verläßt den Tierkörper in, wenn auch veränderter Form als eiweißartige Substanz; andererseits ist das Endprodukt der Eiweißverarbeitung im Vogelkörper aus dem Grunde gesteigerter Oxydation, die sich in demselben geltend macht, die Harnsäure, im Gegensatz zu fleischfressenden Säugetieren, die hauptsächlich Harnstoff, und zu reinen Pflanzenfressern, die zum großen Teil Hippursäure als Endprodukt der gespaltenen Eiweißstoffe ausscheiden. Neben Harnsäure scheiden sich durch den Stoffwechsel des Vogels auch noch etwas Harnstoff, Oxalate und andere Körper ab.

In einer Probe frischer Vogelexkremente von mit Fischen gefütterten Pelikanen fand Verfasser, nach dem Trocknen auf dem Wasserbad, $21^1/_2$ % Harnsäure.

Ob alle Harnsäure sich schon im Vogelkörper bildet, oder aber ob dieselbe zum Teil nach dem Verlassen des Darmes (Milchsäure, Ammoniak, Kohlensäure) entsteht mag dahin gestellt sein und ist für diese Arbeit nebensächlich.

Neben Harnsäure und Harnstoff (welch letzterer nach wenigen Tagen durch Fermentwirkung in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt) finden wir eine Anzahl schwerlöslicher Purin-Körper in den frischen oder wenige Tage alten Vogelexkrementen vor: Xanthin, Guanin etc., die aber keine weitere Rolle bei der Phosphatbildung spielen, als daß sie wahrscheinlich durch Fermente schließlich in Kohlensäure und Ammoniak zerfallen.

Wichtiger ist der Gehalt der Vogelexkremente an Oxalsäure und oxalsauren Salzen. Nach Prescot sollen dieselben in ganz frischen Exkrementen nicht vorhanden sein, sondern erst nach kurzer Zeit sich bilden. Und in der Tat ist im Vergleich zu älteren eingetrockneten Vogelexkrementen, sowie zum Guano der Gehalt an Oxalsäure in den wenig Tagen alten Exkrementen erheblich geringer.

Wir wollen deshalb einige mögliche Umsetzungen, die zur Bildung von Oxalsäure aus Harnsäure führen, kurz besprechen.

Durch Oxydation der Harnsäure mag sich vielleicht, durch Nitrifikation, Alloxan gebildet haben und daraus schließlich durch Zersetzung der wässerigen Lösung Alloxantin, Parabansäure und andere Produkte. Ob diese Oxydation zu Alloxan sich wirklich vollzogen hat, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden, da die starken Verdünnungen dagegen sprechen. Aus Alloxantin würde in Gegenwart wässerigen Ammoniaks zum Teil oxalursaures Ammoniak entstanden sein; im übrigen kann, auch ohne einen solchen Umweg über Alloxan und seiner Spaltungsprodukte, Harn-

säure in warmer verdünnter Salpetersäure (in der Natur vielleicht durch Nitrifikation) gelöst und die Lösung mit Ammoniak übersättigt in oxalursaures Ammoniak umgesetzt werden.

Durch Behandeln der erwähnten Parabansäure mit warmen Alkalienlösungen ergibt sich übrigens ebenfalls Oxalursäure. Die Oxalursäure ergibt, bei längerem Stehen mit Wasser, unter Aufnahme von 1 Mol. Wasser: Oxalsäure und Harnstoff.

$$(C_3 H_4 N_2 O_4 + H_2 O = C_2 H_2 O_4 + C H_4 N_2 O)$$

Die leichte Zersetzbarkeit des Harnstoffs zum Ammoniak und Kohlensäure ist schon erwähnt.

Man sieht, daß man ziemlich komplizierte, durchaus nicht ganz einwandfreie Reaktionen zu Hilfe nehmen muß, um rein chemisch die weitere Bildung größerer Oxalsäuremengen zu erklären.

Dieser Vorgang der Bildung von Oxalsäure aus Harnsäure läßt sich biologisch, oder besser gesagt, biochemisch besser und ungezwungener vor Augen führen. Ammoniak, welches doch zweifellos in Form von Salzen in der Zeit der Vogeloccupation Naurus vorhanden war, wird durch Nitrifikationsbakterien in Nitrate, durch andere Bakterien in Nitrite verwandelt. Wieder andere Arten haben die Eigenschaft, Nitrate zu Nitriten zu reduzieren.

Durch salpetrige Säure ist es nun möglich, schon bei gewöhnlicher Temperatur die Harnsäure zu spalten und Oxalsäure zu bilden. Der Vorgang der Oxalsäure- resp. Oxalatbildung in Vogelexkrementen, die im Laufe der Zeit zunimmt, ist zweifellos so erklärlicher; jedenfalls muß konstatiert werden, daß so bedeutende Oxalatmengen, wie sie tatsächlich z. B. in alten Vogelexkrementen (Guanos) vorkommen, kaum sich bereits im Vogelorganismus gebildet haben können.

Wie weit sich im Verdauungskanal des Vogels Leucin, Tyrosin, Glutaminsäure, Asparaginsäure etc. gebildet haben, ist Verfasser unbekannt; jedenfalls sind diese Stoffe durch Fermente leicht in Ammoniaksalze und dann durch Nitrifikation in Salpeter überführbar. Es mag aber noch erwähnt sein, daß schon während der Magenverdauung ein Teil der Eiweißkörper in Arginin übergeht, das wahrscheinlich bei weiterer Zersetzung teilweise in Guanidin und Ornithin zerfällt, aus denen es besteht.

Aus Ornithin entsteht durch Fäulnis Tetra- und Pentamethylendiamin, Körper, die bei der Eiweißfäulnis stets auftreten, und Ammoniak, welches sich weiterhin mit den vorhandenen Säuren bindet und durch Nitrification in salpetersaure Salze übergeführt wird. Wir haben also im Wesentlichen bei der Bildung von Phosphaten aus Vogelexkrementen verschiedenen Zersetzungsgrades in Wechselwirkung mit Carbonaten des Kalks und der Magnesia in Gegenwart von Regen- und Seewasser, hauptsächlich mit folgenden in chemische gegenseitige Beziehung tretenden Körpern zu rechnen: Phosphorsäure, Harnsäure, Salpetersäure (Nitrification), salpetrige

Säure (ebenfalls biologisch), Oxalsäure, Kohlensäure, Schwefel respektive Schwefelsäure (S der Eiweißkörper), Ammoniak, Kalk, Magnesia, Fluor, Salze im Meerwasser.

Wie bereits angegeben, lösen sich die Phosphate des Fischskeletts im Magensaft zu Monocalciumphosphat. Auch die phosphorhaltigen Eiweißsubstanzen werden wohl teilweise im Magen- und Darmtraktus während der Verdauung, soweit der Phosphor in Frage kommt, zu Phosphorsäure oder vielmehr zu Phosphaten sich oxydieren oder diese, wenn auch außerhalb des Vogelkörpers, entstehen.

Die monocalciumphosphathaltige Magenlösung passiert nunmehr die Eingeweide des Vogels. Im Verlauf der weiteren Verdauung tritt, von dem Austritt aus dem Magen des Vogels in den Darm an eine flocculöse Ausfällung der Phosphate durch die Darmsäfte ein, den bisher flüssigen, stark sauren Darminhalt zu einem gewissen Grade solidifizierend. Es scheint in den Exkrementen beim Entlassen derselben die Phosphorsäure zum großen Teil, vielleicht zum größten als Dicalciumphosphat vorhanden zu sein (alkalische Reaktion der Verdauungssäfte z. B. der Bauchspeicheldrüse). Die Vorgänge bei der Fischverdauung der Seevögel sind im übrigen noch nicht völlig studiert.

In den frischen und den nur wenig Tage alten Vogelexkrementen herrschen sicher die Säuren gegen die Basen vor; die stickstoffhaltige Substanz der verzehrten und verdauten Fische findet sich ja im wesentlichen in Form von Harnsäure wieder; der Gehalt an Ammoniak ist bei eben beginnender Zersetzung noch gering, während er in den Handelsguanos bei weitem höher ist, z. B. nach Völcker enthielt ein Guano:

Freies Ammoniak und als Carbonat	1,13 %	NH_3
Ammoniak in Form von Ammoniaksalzen . . .	5,41 %	»
Stickstoff in organischer Form	12,00 %	»

aller Stickstoff auf entsprechendes NH_3 gerechnet.

Neben der schon erwähnten freien Harnsäure[1]) findet sich Oxalsäure resp. oxalsaure Salze in den frischen resp. noch wenig zersetzten Vogelexkrementen vor, wie bereits erwähnt wurde.

Das oxalsaure Ammoniak, ist von weittragender Bedeutung für die Phosphatisierung der Koralle und des Dolomits auf den Phosphatinseln geworden, man konnte und kann sogar von einer Wanderung der Phosphorsäure innerhalb der Reaktionzone, in der sich die Phosphate bildeten, sprechen; diese Wanderung wird zum großen Teil durch die Gegenwart des oxalsauren Ammoniaks bedingt.

Dieses Salz hat die Eigenschaft, in wässeriger Lösung stark zersetzend auf vorhandene Kalkphosphate einzuwirken und denselben den Kalk zu

[1]) Die Harnsäure der Vogelexkremente läßt sich zur Darstellung von Caffein, Theobromin und anderer Purinderivate verwenden.

entziehen, indem sich einerseits lösliche Ammoniumphosphate[1]) und andererseits unlösliches Calciumoxalat bildet. Das letztere zerfällt, unter Oxydation, leicht zu kohlensaurem Kalk und Kohlensäure resp. Bicarbonal.

In neutralen Lösungen hört die Einwirkung des Ammoniumoxalats bald auf, sobald eine gewisse Grenze erreicht ist; sind jedoch freie Säuren (z. B. durch Schwefelsäurezusatz gebildete Phosphorsäure etc., wie im aufgeschlossenen Peruguano), saure Salze etc. vorhanden, so geht diese Reaktion bis zum Verschwinden der Oxalsäure aus der Lösung vor sich. Die freie Kohlensäure wirkt sicher ebenfalls in dieser Weise beschleunigend auf diese Reaktion; vielleicht auch freie Harnsäure. Die entstehenden löslichen Ammonphosphate bilden mit Kalkstein Calciumphosphate, mit Dolomit Calciumphosphate und wahrscheinlich Ammoniummagnesiumphosphat.

Solange oxalsaures Ammoniak — also während der Anwesenheit der Vögel — in den ehemaligen Naurulagunen vorhanden war, ist wahrscheinlich auch die Abscheidung des Fluorcalciums und damit die Bildung von $3\,(Ca_3\,P_2\,O_8) + Ca\,Fl_2$ und anderer fluoritisierter Phosphate verhindert worden; es mag bemerkt sein, daß nach den Versuchen des Verfassers reiner krystallisierter Fluorapatit der Spaltung durch Ammonoxalat ziemlichen Widerstand entgegensetzt; ebenso verläuft die Intensität der Reaktion bei den harten Nauruvarietäten und bei dem später noch zu besprechenden Nauruit mit bei weitem geringerer Intensität als bei reinem Tricalciumphosphat.

Es mag noch erwähnt sein, daß es in den früheren Naurulagnnen zu einer starken alkalischen Reaktion des Wassers wohl kaum dauernd gekommen sein wird; frische Harnsäure, sowie Dicalciumphosphat enthaltende Vogelexkremente, große Löslichkeit des freien und kohlensauren Ammoniaks, die durch jede Ebbe und Flut verdünnt und teilweise weggeführt wurden, und die sich zweifellos einstellende Nitrifikation, welcher auch eine außerordentlich kräftige und auflösende Wirkung auf die vorhandenen Carbonate zuzuschreiben ist, sprechen dagegen.

In den ehemaligen Naurugewässern wird es zu einer wenigstens vorübergehenden Bildung von Magnesiumphosphaten gekommen sein; und doch ist, trotz des unterliegenden dolomitischen Felses und des vor der Phosphatisierung ebenfalls zweifellos dolomitischen (und aragonischen) Débris und Sandes, nur sehr wenig Magnesia in dem Nauruphosphat zu finden; selbst die den Dolomitpinnakeln anhaftenden, deutlich Präcipi-

[1]) Je nach der Ammoniak-Alkalität entstehen $NH_4\,H_2\,PO_4$ oder $(NH_4)_3\,PO_4, 3\,H_2\,O$. Es gibt auf Calcium-Ammonium-Phosphate, die aus Einwirkung von Ammoniak auf Monocalciumphosphat entstehen. Die Bildung dieser Doppelsalze kommt hier nicht in Frage, da sie durch Wasser in $Ca\,H\,PO_4$ und $(NH_4)_2\,H\,PO_4$ zerfallen würden.

Vielleicht ist der vermutlich auch auf Nauru vorhanden gewesene Gips (der sich auf jüngeren Phosphatinseln oft in großen Mengen findet) nach folgender Reaktion verschwunden: $Ca\,SO_4 + (NH_4)_2\,CO_3 =$

$(NH_4)_2\,SO_4 + Ca\,CO_2$

tation zeigenden Phosphatkrusten und Phosphatplatten (die doch sichtbar durch Einwirkung der Guanolösungen auf den Dolomit entstanden sind und ehemals Teile der Pinnakel waren) enthalten fast keine Magnesia.

Vielleicht ist es von Interesse, den von A. Gautier[1] angestellten Versuch der Imprägnierung von kohlensaurem Kalk, in diesem Falle Kreide, zu erwähnen. (Das dabei in der Natur entstehende kohlensaure Ammoniak geht, durch Nitrification, dann in Gegenwart von überschüssigem kohlensauren Kalk in Calciumnitrat über; dieser Vorgang ist bekannt. S. auch Elschner; Der Kunstdünger, Bd. I.)

In ammoniakalischer Ammonphosphatlösung trug Gautier Kreide ein und erhitzte die Mischung ca. 80 Stunden lang in offenem Gefäß auf ca. 85° C; es entwichen dabei dauernd Ammoniak und Kohlensäure.

Es ergab sich folgendes Produkt aus der Reaktion[2]):

5,66 % unzersetzte Kreide
11,28 % dreibas. phosporsaures Kalk
82,78 % zweibasisch. phosphorsaures Kalk.

Es bildete sich also Brushit resp. Monetit neben etwas dreibasisch phosphorsaurem Kalk. Der ersterere würde also weiterhin auf unterliegenden kohlensauren Kalk eingewirkt und schließlich weiteres $Ca_3 P_2 O_8$ gebildet haben.

Es mögen zunächst die bisher bekannten natürlichen Phosphate, soweit sie nicht schon erwähnt sind, aber deren Kenntnis für die vorliegende Besprechung wünschenswert ist, angeführt werden. Die meisten finden sich im peruanischen und Dauraraland-Guano, sowie im Fledermaus-Guano vor, sind aber auf Nauru, Ocean-Island etc. nicht vorhanden, wohl aber teilweise auf jüngeren Phosphatinseln.

Brushit $H\,Ca\,Po_4,\ 2\,H_2\,O$
Metabrushit $2\,H\,Ca\,PO_4,\ 3\,H_2\,O$
Monetit $H\,Ca\,PO_4$
Martinit $2\,(H_2\,Ca_5\,P_4\,O_{16})\,H_2\,O$
Bobierrit $Mg_3\,P_2\,O_8\ 8\,H_2\,O$
Kollophanit $Ca_3\,P_2\,O_8\,H_2\,O$ (und $Ca\,CO_3$?)
Newberrgit $H\,Mg\,PO_4\ 3\,H_2\,O$
Hannagit $Mg_3\,P_2\,O_8\ 2\,(H_2\,NH_4\,PO_4)\ 8\,H_2\,O$
Struvit $NH_4\,Mg\,PO_4\ 6\,H_2\,O$
Zeugit $Ca_{10}\,H\,P_7\,O_{28}$.

Dazu kommen noch ein phosphorsaures Natron-Ammoniak (Stercorit) und drei verschiedene Ammonium-Magnesium-Phosphate: Dittmarite, Müllerit und Schertellit. Diese Mineralien sind mindestens zum Teil als Zwischenstufen der Einwirkung von Guanolösungen auf Kalke und Dolomite anzusehen.

---

[1]) Sur le gisement de phosphate . . . Annales des mines 1894.
[2]) $(NH_4)_3\,PO_4 + Ca\,CO_3 = Ca\,H\,PO_4 + (NH_4)_2\,CO_3$.

Es sei noch mitgeteilt, daß ein Teil Ammonium-Magnesiumphosphat in 322 Teilen Wasser löslich ist; enthält das Wasser jedoch kleine Mengen von Oxalsäure, so erhöht sich die Löslichkeit des genannten Salzes nach Graham ganz außerordentlich.

Trimagnesiumphosphat zeigt in Seewasser eine ziemlich bedeutende Löslichkeit, nämlich ca. 0,75 g p. Liter; in reinem Wasser ist es schwerlöslicher. Im allgemeinen erhöhen Salze, organische Substanzen und Kohlensäure die Löslichkeit der Magnesium- und Calciumphosphate ganz erheblich. Man hat sogar in der Technik versucht, durch Digestion mit unter hohem Druck befindlichem kohlensäurehaltigem Wasser $Ca_3 P_2 O_8$ auszulösen und abzuscheiden, und es existieren zwei diesbezügliche ehemalige deutsche Reichspatente.[1])

Kohlensäurehaltiges Wasser, in dem Phosphat gelöst ist, läßt beim Stehen Calciumkarbonat und Dicalciumphosphat auskristallisieren; ebenso entsteht letzteres aus kohlensaurem Kalk unter Einwirkung von phosphorsaurem Ammoniak und Kohlensäure.

Vielleicht ist die Imprägnierung der schon gebildeten Phosphate mit Magnesiumphosphaten resp. Ammonium-Magnesiumphosphaten als wesentlich anzusehen für die Bildung gerade der höchstgrädigen Phosphate, wie sie auf den dolomitischen, gehobenen Koralleninseln fast ausschließlich vorkommen. Zweifellos wird man imstande sein, aus einem sagen wir 7 % $Ca CO_3$ enthaltenden Phosphat durch Behandeln mit gesättigten Lösungen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia einen großen Teil dieses kohlensauren Kalks in phosphorsauren Kalk zu verwandeln; die entstehende leichtlösliche kohlensaure Ammoniak-Magnesia verunreinigt also das Phosphat nicht, da sie weggewaschen wird. Das angeführte Beispiel

---

[1]) Die beiden Patente, die die Aufschließbarkeit von Rohphosphat mit Kohlensäure behandeln, lanten wie folgt:

Nr. 72171 kennzeichnet sich dadurch, daß man über die mit Wasser nur angefenchteten Rohphosphate Kohlensäure, event. noch Wasserdampf bei mehr oder weniger erhöhter Temperatur leitet; je nach der Dauer der Einwirkung erhält man entweder Präzipitat oder Snperphosphat:

$$Ca_3 P_2 O_8 + CO_2 + H_2 O = Ca CO_3 + 2 (Ca H PO_4)$$
$$2 (Ca H PO_4) + CO_2 + H_2 O = Ca CO_3 + Ca H_4 P_2 O_8.$$

Nr. 34610: Die Patentansprüche lanteten anf die Darstellung von saurem phosphorsaurem Kalk durch Anfschließnng der Phosphorite nnd Knochen mittelst Kohlensäure, welche nnter hohem Druck in Wasser gelöst ist, wodnrch kohlensanrer Kalk neben dem Monocalciumphosphat in Lösung geht, während beim Nachlassen des Drncks kohlensaurer Kalk niederfällt und sanrer phosphorsanrer Kalk in Lösnng bleibt (in Gegenwart von Kohlensäure. D. Verf.).

Ferner: Die Darstellung von nentralem phosphorsanrem Kalk durch dasselbe Verfahren, mit der Abänderung, daß beim Nachlassen des Drucks die Lösung auf 100 ° C. erhitzt wird, wobei der saure phosphorsaure Kalk sich in nentralen verwandelt, welcher mit dem kohlensauren Kalk niederfällt.

der fast magnesiafreien Krusten auf Dolomiten demonstriert den Vorgang außerordentlich gut (s. auch die Analyse der Krusten). Wenn nun der den Prozentsatz an Tricalciumphosphat herabsetzende kohlensaure Kalk in Phosphaten durch Einwirkung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia ganz oder zum Teil in phosphorsauren Kalk umgewandelt wird, so entstehen naturgemäß höhergrädige Phosphate. (Vergl. übrigens Tafeln 7, 8, 9 und 10.)

Man kann eigentlich von einer Löslichkeitszahl des Tricalciumphosphats in Wasser kaum reden, da sich dasselbe, wie bereits bei der Besprechung der Calciumphosphate erwähnt wurde, beim Auflösen in der Weise zersetzt, daß sich eine sauer reagierende Flüssigkeit neben einem Ca O reicherem Rückstande bildet. So löste Völcker (J. B. 1862) mit 1 Liter Wasser in 7 Tagen 31 mg geglühtes und 79 mg frischgefälltes Tricalciumphosphat. Die wässerige Lösung wurde durch Ammoniak nicht, wohl aber durch Ammoniumoxalat gefällt. Sie reagierte beim Eindampfen sauer. Der Zerfall des Dicalciumphosphats zu dreibasisch phosphorsaurem Kalk, und im weiteren Verfolg zu 3 ($Ca_3 P_2 O_8$) Ca O und ähnliche Verbindungen einerseits und zu Monocalciumphosphat andererseits hatte zweifellos eine kräftige chemische Wirksamkeit bei der Imprägnierung der vorhandenen Korallenpartikeln und des Dolomits zur Folge,[1] dieselben nach und nach unter dem Einfluß größerer Wassermengen in $Ca_3 P_2 O_8$ resp. in Verbindungen desselben mit überschüssigen Ca O wie die obige verwandelnd, zumal unter der Beihülfe des oxalsauren Ammoniak, der Kohlensäure und organischer Substanzen und der bei der Nitrification entstehenden im status nascendi wirkenden Salpetersäure resp. salpetrigen Säure.

Gelöstes Dimagnesiumphosphat zerfällt beim Behandeln mit Wasser in $Mg_3 P_2 O_8$ und wahrscheinlich freie Phosphorsäure.

Jedenfalls wird sich vermutlich aber aus diesem Trimagnesiumphosphat und Ammoniumcarbonat wahrscheinlich phosphorsaure Ammoniakmagnesia und Magnesiumcarbonat gebildet haben, welch letzteres vielleicht von dem unterliegenden Dolomit aufgenommen wurde und denselben möglicherweise mit $Mg CO_3$ weiter anreicherte.

Wenn es zur Bildung von Ammonium-Magnesiumphosphat gekommen ist, und es ist dies anzunehmen, so hat es sich also mit dem vorhandenen kohlensauren Kalk umgesetzt; neben kohlensaurer Magnesia, kohlensaurem Ammoniak (oder einem löslichen Doppelsalz beider) hat sich phosporsaurer Kalk gebildet.

---

[1] Es kann jedoch besonders in an organischer Substanz reichen phosphatischen Guanos Monocalciumphosphat und etwas Calciumkarbonat nebeneinander vorkommen. Vielleicht bildet sich um die Carbonatkörner eine unlösliche, schützende Schicht. Im übrigen möchte ich erwähnen, daß mangels Kieselsandes als indifferenter Stoff zu Ammoniak-Superphosphat-Mischungen in einer Hawaiischen Fabrik staubfreier Korallensand zugesetzt wurde. Die Verluste an wasserlöslicher Phosphorsäure waren minimal.

Es wurde bereits erwähnt, daß die den Dolomitfelsen anhaftenden weichen Krusten wenig Magnesia enthalten; es ergab die Analyse einer solchen Kruste:

9,97 % Wasser und Glühverlust (inkl. Organ.),
78,11 % dreibasisch phosphorsaurer Kalk,
4,61 % kohlensaurer Kalk,
Spuren kohlensaure Magnesia,
0,34 % phosphorsaurer Eisenoxyd und Thonerde,
0,55 % schwefelsaurer Kalk,
4,72 % Kalk im Ueberschuß über $Ca_3 P_2 O_8$ $Ca CO_3$ und $Ca SO_4$, und zwar als $Ca Fl_2$, $Ca O \frac{\text{und}}{\text{oder}} Ca (OH)_2$ in chemischer Verbindung mit $Ca_3 P_2 O_8$ vorhanden.

Rest unbestimmt (Silicate, Alkalien, Fluor etc.) sowie Verlust.

M. E. Stephen [1]) gibt allerdings den Gehalt einer solchen Kruste (die Power als einem ausgelaugten Guano nahekommend bezeichnet) mit 2,73 % Magnesiumcarbonat an; Verfasser hat darin nie einen so hohen Gehalt konstatiert, wie überhaupt nur ausnahmsweise über $1^1/_2$ % $Mg CO_3$ im Nauruphosphat irgendwelcher Art vorkommt; meist ist der Gehalt viel geringer. Aber selbst der von Stephen gefundene Gehalt an Magnesiumcarbonat zeigt deutlich, daß die Magnesia wenigstens zum allergrößten Teil aus dem Phosphat verschwunden ist, selbst wenn das Phosphat aus der chemischen Einwirkung von (phosphatischen) Guanolösungen auf magnesiareiche Dolomite entstanden ist.

Es sind verschiedene Reaktionen erwähnt worden, bei denen sich Dicalciumphosphat bildet. Dicalciumphosphat ist ein zwar nicht leicht löslicher Körper, doch sind immerhin 0,10 g im Liter destillierten Wassers und 0,35 g im mit CO_2 imprägnierten Wasser auflösbar. Es muß jedoch bemerkt werden, daß sich die Lösung nach einiger Zeit trübt, und zwar unter Bildung von unlöslichem Tricalciumphosphat; die Flüssigkeit reagiert sauer. [2])

---

[1]) Phosphate-Deposits etc. by F. Danvers Power 1904.

[2]) Durch Wasser zersetzen sich also die Kalkphosphate etwa wie folgt in die basischeren Salze resp. überbasischen: $Ca H_4 P_2 O_8$ zu $Ca H PO_4$ dieses zu Zeugit, resp. Martinit, dann $Ca_3 P_2 O_8$ und schließlich $(Ca_3 P_2 O_8) Ca O$ und ähnliche Körper. Das in Lösung befindliche Monocalciumphosphat löst sich in der 200fachen Wassermenge; mit wenig Wasser fällt zunächst Dicalciumphosphat aus und es bleibt freie Phosphorsäure in Lösung.

$$Ca H_4 P_2 O_8, H_2 O + H_2 O = Ca H PO_4 2. H_2O + H_3 PO_4.$$

Die Zersetzbarkeit des Dicalciumphosphats in unlösliches Tricalciumphosphat einerseits und Monocalciumphosphat andererseits hängt mit der geringeren Löslichkeit (s. Kap. Id) des Tricalciumphosphats, zu dessen Bildung die in der Lösung vorhandenen Jonen zusammentreten, zusammen. Ein entsprechendes Mehr von H-Jon, das in der Flüssigkeit entsteht, ist die Ursache der Monocalciumbildung resp. der sauren Reaktion der Lösung. — Die erwähnte Löslichkeit des Tricalciumphosphat in schwachen (z. B. organischen Säuren, Kohlensäure etc.) Säuren — zumal wenn dasselbe colloidal und wasserhaltig abgeschieden, beruht darauf, daß das dreiwertige Jon PO_4''' unter H-Jon-Aufnahme leicht in das zweiwertige HPO_4'' übergeht.

Im wesentlichen kann man sagen, daß Dicalcinmphosphat die Wirkung einer schwachen Säure hat, verwandelt sich also schließlich mit kohlensauren Kalk in dreibasisch phosphorsauren Kalk und Kohlensäure.

Es traten also, nnter Berücksichtigung der bereits im ersten Kapitel erwähnten Umsetzungen mit Vogelexkrementen und deren Bestandteilen Infiltrationen ein:

1. In das aus frischem Korallenschutt (Aragonit), sowie Bruchstücken und zermalmten Teilchen vom Dolomit der Pinnakel nnd des unterliegenden Gesteins bestehende Débris; diese Trümmer häuften sich während der Okkupation Naurus durch die Seevögel zwischen den Pinnakeln und Felsen an und schwemmten sie in den ehemaligen Lagunenbecken ein; die so entstandenen Phosphate liegen so mächtig, daß selbst die Spitzen der meisten Pinnakel davon bedeckt sind.

2. In die Dolomite selbst, damit an den Pinnakeln zunächst weiche, abfallende oder doch leicht entfernbare Krusten nnd Platten bildend; wo diese Ablagerungen auf horizontaler oder wenig geneigter Oberfläche vor sich gingen, sind geschichtete Phosphate entstanden; sie haben, oft besonders anf Nauru, dnrch Weglösen des unterliegenden Gesteins den Zusammenhang mit demselben verloren und sind teilweise in kleinere Fragmente zertrümmert.

Die abgefallenen oben erwähnten Krusten und Platten und die Fragmente geschichteten Phosphats haben sich mit dem bereits phosphatisierten Kies vermischt und oft dnrch weitere phosphatische Imprägnierung gehärtet. Solche Stücke, die sehr häufig gefunden werden, weisen dann oft parallele Streifung auf nnd erinnern an Achat. (Bildungen von Phosphaten siehe weiter nnten.)

Größere Massen fest an dem Dolomit anhaftende Phosphate, die ähnlich wie die Krnsten entstanden sind, gibt es in Nauru selten und wohl nur zwischen dichtstehenden Pinnakeln. In den ehemaligen Wasserbecken ist fast alles Phosphat in Form losen Sandes und Kieses vorhanden, wenn anch, wie erwähnt, öfter große Konglomerat- und Breccienklötze auftreten.

Besonders in den ehemaligen Lagunen muß die den entstehenden phosphatischen Sand, Kies nud das Geröll bewegende Kraft des ein- und ausströmenden Wassers eine veränderliche, zum Teil sehr heftige gewesen sein; die Schichtenfolge der lockeren Anschwemmungen ist eine sehr unregelmäßige und oft innerhalb weniger Meter mehrere Male von fast senkrechten Strata bis zn fast wagerechtem wechselnd. Nnr die Pinnakel sind stets oder fast stets von einem diese Schichtung nicht zeigenden, mehrere Fuß bis selbst mehrere Meter dicken, meist feinsandigem Mantel[1])

[1]) Es ist sehr wohl möglich, daß sich durch Einfluß des Wassers aus körnigkristallinischem Dolomit ein dolomitischer Sand um die Pinnakel bildete, der phosphatisiert wurde.

umgeben, dessen Material oft etwas plastisch, etwa wie ein thoniger Sand ist; dieser Sand ist stets niedrigprozentiger als als das übrige Material; es hat meist nur etwa 84—85% $Ca_3P_2O_8$ (Taf. V), öfters noch weniger.

Die oberen Ablagerungen des Phosphats auf Nauru haben besonders da, wo wenig Korallenfelsen in der Nähe vorhanden sind, also in dem heutigen und den verschiedenen ehemaligen Lagunenbecken eine gleichmäßige, kiesartige rundliche Beschaffenheit (Tafel V) angenommen; diesem Material, welches fast stets über 87% bis zu über 90% $Ca_3P_2O_8$ aufweist, ist wenig Staub und Sand beigemischt; oftmals sind die Knollen mit einem gelben, zarten Farbstoff überzogen, der jedoch bei höherer Temperatur, d. h. in dem Trockenen, vernichtet wird.[1])

Die schon gebildeten Phosphate der oberen Schichten haben neben einer weiteren Imprägnierung mit Guanolösungen sich zu knolligen Konkrementen vereinigt, die sich unter der bewegenden, rollenden, abschleifenden Wirkung der Wellen in den oberen Schichten der ehemaligen Wasserbecken und sonstigen Vertiefungen ablagerten. Es scheint eine sehr vollständige Imprägnierung mit phosphatischen Lösungen in dieser letzten Periode stattgefunden zu haben, da diese hochgradigen Ablagerungen, die zuweilen eine große Mächtigkeit aufweisen, nur noch wenig kohlensauren Kalk, meist unter $3^1/_4$% enthalten, dann aber sind sie insofern charakteristisch, daß sie, im Gegensatz zu den darunter liegenden und zu den zwischen den Pinnakeln eingebetteten Phosphaten hart und spröde sind und oft einen glasartigen Glanz zeigen. (Siehe übrigens weiter unten.)

Wir erwähnten bereits, daß an den Abhängen meist die Pinnakelbildung eine sehr ausgeprägte ist, während die Vertiefungen, d. h. ehemaligen Wasserbecken, diese Erscheinung weniger zeigen (Tafel VI).

Die Verschiedenheit des Prozentgehalts der einzelnen Schichten mag vielleicht in folgender Weise erklärbar sein (s. S. 48):

In Gegenwart vieler Pinnakel mit dazwischen lagerndem Phosphatsand und -kies würden phosphatische Flüssigkeiten (phosphorsaures Ammon, Dicalciumphosphat etc.) zunächst das leicht erreichbare Karbonat der Pinnakel in Angriff nehmen; da, wo wie in den Vertiefungen der ehemaligen Lagunen und sonstigen Wasserbecken, der kohlensaure Kalk und der Dolomit, der größeren Mächtigkeit der überliegenden Phosphatschichten wegen, nicht leicht zu erreichen ist, haben die in dem Phosphat zirkulierenden Guanolösungen und besonders wohl Magnesiaphosphate, Ammoninmphosphate und ihre Doppelsalze, dann Mono- und Dicalciumphosphate das Phosphat auf das innigste durchdrungen und ihm den in dem Material fein verteilten kohlensauren Kalk entzogen und an dessen

---

[1]) Es sei auf die kleine Abhandlung über Entstehung, Bildung und Lagerung des Phosphats auf Nauru, von Dr. Paul Hambruch, in Ztschr. d. Ges. für Erdkunde 1912, No. 9 hingewiesen.

Stelle phosphorsauren Kalk gesetzt, in Pinnakelreichen Feldern haben natürlich die Guanolösungen den ihnen am bequemsten liegenden Dolomit, d. h. die Pinnakel, angegriffen.

Analysen unter besonderer Berücksichtigung des Carbonats.

(Bei hohem Phosphatgehalt meist weniger Carbonat und umgekehrt.)

1. Phosphat von einem Karrenfelde, mit dicht stehenden Pinnakeln:
   3,60 % Glühverlust (organ. und chem. gebundenes Wasser),
   84,10 % phosphorsaurer Kalk,
   5,10 % kohlensaurer Kalk,
   4,90 % Ca O über phosphorsauren und kohlensauren Kalk als Ca O, Ca (OH_2) Ca Fl_2,
   Rest nicht bestimmt.
2. Phosphat von einem ähnlichen Feld:
   3,90 % Glühverlust,
   84,90 % phosphorsaurer Kalk (alle Phosphorsäure als $Ca_3 P_2 O_8$ gerechnet),
   4,70 % kohlensaurer Kalk,
   Rest nicht bestimmt
3. Phosphat aus 22 Fuß Tiefe, unter hochgrad. Phosphat lagernd:
   3,40 % Glühverlust (chem. geb. $H_2 O$, Organ.),
   85,05 % phosphorsaurer Kalk,
   4,02 % kohlensaurer Kalk,
   0,46 % Eisenoxydphosphat,
   0,32 % Tonerdephosphat,
   3,70 % Fluorcalcium,
   1,90 % Ca O (über den anderweits gebundenen Kalk hinaus, mit dem phosphorsauren Kalk als 3 $(Ca_3 P_2 O_8)$ Ca $(OH)_2$,
   0,62 % kohlensaure Magnesia,
   Rest nicht bestimmt.
4. Phosphatgeröll aus einer größeren Ablagerung von 16 Fuß Mächtigkeit, in 12 Fuß Tiefe; Stückengröße ca. 4—5 cm:
   2,10 % Glühverlust,
   87,90 % phosphorsaurer Kalk,
   2,20 % kohlensaurer Kalk (alle CO_2 als Ca CO_3 gerechnet).
5. Phosphatgeröll bei 8 Fuß Tiefe, Stückengröße ca. 1—2 cm vom Arbeitsfeld:
   1,90 % Glühverlust,
   88,70 % phosphorsaurer Kalk,
   1,92 % kohlensaurer Kalk.
6. Phosphat aus 10 Fuß Tiefe, gegrabenes Loch im Innern der Insel, Geröll und größere Blöcke:
   2,70 % Glühverlust,

86,90 % phosphorsaurer Kalk,
3,60 % kohlensaurer Kalk,
Rest nicht bestimmt.

7. Phosphat, ausgesucht reines Geröllfeld, aus 12 Fuß Tiefe, mit weißem, kreideartigen Farbstoff bedeckt, hart:
2,20 % Glühverlust,
90,10 % phosphorsaurer Kalk,
1,50 % kohlensaurer Kalk,
0,92 % Eisenoxyd und Tonerde.

Es haben sich, wie erwähnt und an den Phosphatstücken dieser letzten Art deutlich zu erkennen ist, die Bestandteile der oberen Schichten des Phosphats, nämlich Sand und Stücken, in den ehemaligen Lagunenbecken zu knollenartigen Konkrementen zusammengezogen. Hin und wieder haben sich auch größere Blöcke dieser Art gebildet, die, oft bei großer Härte, noch teilweise die Korallenstruktur erkennen lassen, dann aber wieder die verschiedenartigsten Einschlüsse, teilweise durchscheinend und in verschiedenen Färbungen enthalten.

Man würde es kaum glauben, ein Phosphat vor sich zu haben, so ähneln einige dieser Phosphate den Silicaten; man ist versucht, z. B. direkt von Phosphatachat und Phosphatjaspis zu sprechen; Kieselsäure ist natürlich nur in geringsten Mengen in diesen Substanzen enthalten. In Spalten, Hohlräumen, Sprüngen usw. findet man oft solches kolloidal abgeschiedenes Phosphat, welches zweifellos das Härtungs- und Imprägnierungsmaterial für die Nauruphosphate abgegeben hat. Es wird wohl aus der Einwirkung von gelösten Guanobestandteilen auf Calciumphosphate (vielleicht durch Dicalciumphosphat, vielleicht in anderer Weise) entstanden sein und sich zunächst als Gallerte, d. h. im engsten Sinne als wasserhaltiges Colloid abgeschieden haben resp. die Phosphate durchdrungen haben. Die Gallerte ist dann eingetrocknet, wie man auf einigen Stücken deutlich Trockenrisse konstatieren kann. Sie bildet bis zu 2—3 Zentimeter Dicke, durchscheinende, weiße, blaue, gelbe und braune, oft kolophoniumartige, oft an Schellack erinnernde Ausfüllungen; dabei ist das Material hart, aber auch außerordentlich spröde und bröckelig.

Das Mineral, dessen chemische Zusammensetzung der Formel wahrscheinl. $3\,(Ca_3\,P_2\,O_8) + \binom{Ca\,(OH)_2}{Ca\,Fl_2}$ 1 (mit ungefähr 1,90 % Fluor)[1]) entspricht, ist in seinen Eigenschaften so charakteristisch, daß ich mich veranlaßt gesehen habe, ihm den Namen **Nauruit** zu geben. Sobald Ablagerungen von Phosphaten auf Nauru, die verhältnismäßig viel von dieser auf-

[1]) Genannte Formel muß noch einer Revision unterzogen werden; die Mitteilungen über dies Material sind nur erst vorläufige. Es mag kurz erwähnt sein, daß auf Curacao ebenfalls kolloidale, durchscheinende Phosphate vorkommen von der Formel des Tricalciumphosphats; der spröde, bröckelig-harzartige Nauruit kommt jedoch meines Wissens nicht vor.

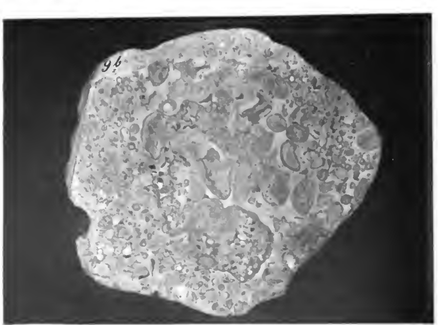


Tafel IX a.

Stark vergrößerter Dünnschliff eines anscheinend ganz homogenen Nauruit. (Phosphat-Gel.) Zeigt die Achatstrukturlinien, trotz anscheinender Homogenität; das Mineral ist mit Rissen durchzogen; links sind einige Luftbläschen.

Tafel IX b.

Ein durchschnittenes Stück Phosphatgeröll (Knolle) doppelt vergrößert. Die phosphatisierten Korallen, eventl. Foraminiferen und Muschelstückchen sind von (durchscheinenden) Umhüllungen kollodialen Phosphates eingehüllt resp. umgeben; die einzelnen Individuen sind dann noch mit Phosphatmasse zusammengekittet. Originalstein befindet sich im Mineralog. Institut, Gießen.



Tafel IX c.

Sehr starke Vergrößerung eines Nauruphosphat-Dünnschliffs. (Interessant ist die oolithische Struktur der Körnchen, Imprägnierungs - Substanz ist konzentrisch um den Kern abgeschieden.)



fallenden Substanz enthalten, zur Gewinnung in Angriff genommen werden, wird der Nauruit zweifellos das Interesse des phosphatverarbeitenden Chemikers erregen; vielleicht hat es, wenn viel Phosphat davon durchzogen wird, einigen Einfluß auf die Vermahlbarkeit der Phosphate.

Die achatartigen Varietäten dieses Materials, die also eigentlich als ein verunreinigter Nauruit bezeichnet werden müssen, enthalten bis zu 1 ½ % Eisenoxyd und Tonerde.

Ueber die Streifungen der achatartigen Absonderungen, die oft Hohlräume in genau derselben Weise wie der Kieselsäure-Achat ausfüllen, möchte ich bemerken, daß wahrscheinlich in die mit Phosphatgel gefüllten Hohlräume Eisen und Tonerde-Phosphatlösungen oder andere Lösungen von Verunreinigungen, ja selbst vielleicht verschiedenartig lösliche Calciumphosphat-Verbindungen und auch Karbonat eindrangen und die rhytmischen Ablagerungen (Liesegang'sche Achatstrukturen[1]) hervorgerufen haben.

Der Nauruit und die achatartigen Absonderungen sind in der Tat für den Mineralogen und Geologen im höchsten Grade interessant; es wird dadurch nicht nur ein weiteres Vorkommen von Mineral-Gelen (oder Gallerten) die z. B. von Leitmeyer, Cornu u. a. bereits anderweitig nachgewiesen wurden, den bisher bekannten zugefügt, sondern sie würden vielleicht berufen sein, der Forschung auf dem Gebiet der kolloidalen Abscheidungen von Mineralsalzen weitere Ausblicke zu eröffnen.[2])

Auf dem hier beigefügten Dünnschliff, der eine außerordentlich starke Vergrößerung von einem scheinbar gänzlich homogenen (ungestreiften) Nauruitstückchen darstellt, ist doch eine deutliche achatartige Bänderung wie nach Liesegang bei der Vergrößerung vorhanden. Sonst ist die im reineren Zustand sehr spröde Substanz, die natürlich keine Spur einer kristallinischen Struktur aufweist, von zahllosen Rissen durchzogen; auch sind Luftbläschen in der Masse vorhanden.

Mangel an Zeit hinderte den Verfasser, sich jetzt noch weiter mit dem Nauruit zu beschäftigen, doch werden im Verein mit Fachgelehrten weitere diesbezüglichen Veröffentlichungen folgen.

Der Nauruit macht oftmals den Eindruck eines dem Phosphatstück aufgeschmolzenen und erstarrten Harzes; mit dem Fingernagel lassen sich leicht durchscheinende Splitter davon ablösen, die sich zwischen den Fingern zu einem splittrigen Pulver zerreiben lassen. Oefters sind ganze Partien von phosphatisierter Koralle mit diesem Material imprägniert, so daß dieselbe teilweise durchscheinend geworden ist.

---

[1]) S. die Liesegang'schen Arbeiten auf diesem Gebiete, z. B. Die Entwickelungsgeschichte der Achate, von Raphael Ed. Liesegang; Aus der Natur, 1911, Heft 18, u. a.

[2]) Von Interesse dürfte diese gallertartige Abscheidung von Kalkphosphat auch für den Agrikulturchemiker sein, da sie gewisse Vergleiche zuläßt im Verhalten von Phosphaten im Boden, deren Wanderung, Aufnahme durch die Pflanzen und Veränderungen durch chemische und physikalische Einflüsse im Boden.

Wie schon erwähnt wurde, nimmt mit größerer Tiefe, d. h. je mehr man sich dem unterliegenden Korallenfels nähert, der Kohlensäuregehalt zu, ebenso ist dies der Fall, je näher man den Dolomitpinnakeln kommt. Wo deshalb die Pinnakel dicht stehen, wie auf den Abhängen (Schratteufeldern) ist auf Nauru das Phosphat nie sehr hochgradig, abgesehen von der die Pinnakel überragenden Phosphatschicht, die dann (allerdings nur die oberen 1—2 Fuß) ebenfalls oft 87 % und sogar in Einzelfällen noch mehr phosphorsauren Kalk aufweisen kann.

Die Zunahme des kohlensauren Kalks in grösserer Tiefe kann, außer in den bereits bemerkten Möglichkeiten, auch ihren Grund, wenigstens teilweise darin haben, daß das Phosphat und Gestein durchziehende Regenwasser aus den Dolomiten etwas Karbonat löst. Da, wo das Wasser nicht genügend schnell abfließt, sondern durch Kapillarität im Phosphat festgehalten wird, trocknet es in regenfreien Perioden ab, einen Absatz von kohlensauren Kalk (und Magnesia) um die Phosphate und innerhalb der Poren der Phosphate in feiner Niederschlagsform hinterlassend. Der Gehalt an kohlensauren Kalk, der dadurch hervorgebracht wird, drückt natürlich den Prozentgehalt an $Ca_3 P_2 O_8$ entsprechend herab.

Es mag an dieser Stelle mitgeteilt werden, daß fast alle Phosphatpartikel mehr oder weniger mit einer umhüllenden Schicht phosphatischer Substanz (Nauruit) umgeben sind, wenn dieselbe auch bei den niedrigergrädigen (unter 85 %) Phosphaten meist sehr dünn ist. Betrachtet man z. B. die sandige Varietät des Phosphats, so kann man beim Zertrümmern oder Zerteilen fast immer im Innern des Sandindividuums ein Stückchen Koralle oder Muschel, oder eine Foraminifere oder einen sonstigen Hartkörper (dessen genaue Bestimmung natürlich nicht immer möglich ist) erkennen, der erstens selbst in Phosphat verwandelt ist und zweitens mit einer meist feinhäutigen Hülle von Phosphatsubstanz bedeckt ist. Sind nun viele von diesem aus feinen und auch größeren Körnern und Stücken bestehenden Phosphatsand und -Kies-Individuen zu einem Konglomerat zusammengekittet und so imprägniert, daß dadurch feste, harte Massen und Knollen entstehen, so haben diese Steine meist eine recht charakteristisch-oolithische Struktur, wie z. B. die harten, runden Knollen der ehemaligen Wasserbecken und der jetzigen Lagunen. Sehr schöne Phosphatoolithen von 1 cm Durchmesser, konzentrisch geschichtet, sind im Giessener mineralogischen Institut vorhanden.

Die einzelnen Körner einer solchen Breccie sind, wie auf dem sehr stark vergrößerten Dünnschliff zu sehen, mit konzentrischen Lagen kolloidalen Phosphats umgeben.

Auch scheinbar ganz homogene Phosphate erscheinen bei näherem Betrachten oftmals als ausgesprochen oolithisch; sie nehmen, wie viele achatartig gestreifte Nauru (und Ozean Island) Phosphate bei genügender

Härtung oft eine gute Politur an, die wiederholt Angestellte der Phosphatgesellschaft veranlaßt hat, kleine Schmuckgegenstände aus solchem Phosphat schleifen zu lassen.

Es darf nicht vergessen werden zu bedenken, daß sich alle erwähnten Veränderungen bei und nach der Phosphatbildung unter allmählicher, aber ständiger Erneuerung des Wassers in den ehemaligen Lagunenbecken während des Auftauchens, dann auch bei eventl. Submersion durch länger anhaltende Einwirkung des Seewassers und endlich seit dem letzten Auftauchen Naurus aus dem Ozean unter dem Einfluß tropischer Regengüsse vollzogen haben.

Durch die auflösende Kraft des Wassers haben sich, naehdem Nauru als Vogelkolonie aufhörte zu existieren, zunächst die löslichen Salze entfernt; es ist, als Endprodukt der Einwirkung des Wassers auf Calciumphosphate schließlich das heutige Nauruphosphat übergeblieben, welches mehr CaO enthält als dem Tricalciumphosphat entspricht und wohl stets chemisch gebundenes Wasser enthält; dieser »Kalküberschuß« (oder Ueberbasizität) wechselt in verschiedenen Proben. Auch hat sich Fluorcalcium in einer allerdings 4 % wohl kaum übersteigenden Menge dem Tricalciumphosphat angegliedert; man ist wohl berechtigt, dem Nauruphosphat und den im folgenden Kapitel beschriebenen Phosphaten die Formel zu geben

$$(Ca_3\ P_2\ O_8)x + \begin{pmatrix} Ca\ O \\ Ca\ (OH)_2 \\ Ca\ Fl_2 \end{pmatrix}_1$$

wobei X = 3 bis 5 sein kann. Die letztgenannten Gruppen können sich gegenseitig ersetzen. Ob der kohlensaure Kalk sicher als Phosphokarbonat vorhanden ist, bedarf noch weiterer Untersuchungen; mancherlei, besonders die feine Verteilung in Phosphat spricht dafür.

Oxalsaurer Kalk ist nicht mehr vorhanden und wird wohl, da er durch Bakterien, Sonnenlicht und andere Einflüsse sich leicht zersetzt, und zu Bicalcium-Karbonat oxydiert wird, weg gelöst worden sein: $Ca\ C_2\ O_4 + O = Ca\ CO_3 + CO_2$ oder $Ca\ C_2\ O_5$.

Während auf den Karrenfeldern Naurus (d. h. zwischen den Pinnakeln lagernd) im Phosphat (das dort niedrigprozentiger in phosphorsaurem Kalk ist) alle Feinheiten der Koralle oft recht deutlich hervortreten, ist in den ehemaligen Lagunen (und auch um die jetzige Buada herum) das Phosphat zumal in den oberen Ablagerungen in verschiedenen Graden so stark mit dem Imprägnierungsmaterial verklebt, verkittet und verkleistert, daß bei den letzten Formen kaum die Korallenstruktur für den Nichtfachmann erkennbar ist. Durch äußere Abschleifung hat sich der Korallenursprung noch mehr verwischt. Diese Phosphate enthalten meist über 87 % $Ca_3\ P_2\ O_8$. Bei diesen letzteren Phosphaten haben sich also die Hohlräume der Korallen resp. deren Steinkerne mit phosphatischer Substanz aufgefüllt.

Wahrscheinlich haben also in der letzten Periode der Phosphatbildung in den ehemaligen Lagunen andere Bedingungen vorgeherrscht als im Anfang der Ablagerungen unter der wohl die erwähnte (intensivere) Einwirkung von stärkeren und mehr konzentrierten Exkrementlösungen, ja selbst Exkrementschlamm auf schon vorhandenes Phosphat und der Ersatz von kohlensaurem Kalk im Phosphat durch phosphorsaurem Kalk, sowie das Zusammenkitten kleiner Teile und das bei Phosphaten häufige Zusammenziehen zu Knollen und Konkrementen und deren Abschleifung durch die rollende Wellenbewegung die hauptsächlichsten zu nennen sind (Geröllbildung). Während der Phosphatisierungsperiode haben, wie es scheint, gänzliche oder teilweise Submersionen (zwei?) stattgefunden, die auch durch Strandlinien und andere Zeichen angedeutet werden. (Siehe die vorherigen Auseinandersetzungen.)

Auf den Abhängen der Hügelketten. d. h. wo die Pinnakel dicht zusammenstehen, hat man, wie schon bemerkt wurde, ebenfalls in den oberen 1—2 Fuß harte, hochprozentige Phosphatknollen gefunden, die arm an kohlensaurem Kalk sind; ebenso findet man sie dort in größerer Menge vor, wo die Pinnakel zufälligerweise etwas weiter auseinander stehen.

Man mag die Einwendung machen, daß atmosphärische Niederschläge (Regen) den kohlensauren Kalk aus den oberen Phosphaten ausgelöst und sie so, durch einfache Entziehung des $CaCO_3$ an $Ca_3P_2O_8$ angereichert hätten. In solchem Falle müßten, da die Entfernung von mehreren Prozenten kohlensauren Kalk eine Gewichtsverminderung eintritt, die zurückbleibenden Phosphatstücke eine poröse, weiche Beschaffenheit zeigen, während die erwähnten Phosphate tatsächlich hart sind.

Allerdings finden sich da, wo wenig »schwarze Erde« (die sog. Humusschicht Naurus besteht getrocknet im wesentlichen aus 78—82-prozentigem Phosphat, dem einige Prozente — bis höchstens zu 10 % — organische Substanzen beigemischt sind) die Oberfläche bedeckt (diese sog. »schwarze Erdschicht« liegt ca. 1—2 Fuß tief), die alleroberst aufliegenden Phosphate in weicher Form vor, deren kohlensaurer Kalk nahezu verschwunden ist; es spricht dies dafür, daß tatsächlich dort Regen und Tau den kohlensauren Kalk zum größten Teil entfernt haben.

Dann aber muß in Rücksicht gezogen werden, daß eine Extraktion des Kalks durch Humussäuren, ferner Nitrifikation und endlich die Entziehung des Kalkes durch die oftmals reiche Vegetation (Leguminosen) in den oberen Schichten nicht zu unterschätzen ist. In manchen Teilen der Insel findet sich, daß die aufliegende schwarze Erde zuweilen einen hohen Gehalt an Karbonat aufweist. Dieser hat seinen Grund:

1. in den von den Eingeborenen verstreuten Korallenfragmenten; in der Nähe von in die Erde gegrabenen ehemaligen Feuerstellen und von früheren Wohnplätzen sind sie in Form von weißen, weichen, kreideartigen Steinchen vielfach der Erde beigemischt und können so leicht ins abgegrabene Phosphat kommen.

2. von Gehäusen einer Art jetzt ausgestorbener Landschnecken, deren perlmutter-glänzende Fragmente sich oftmals in dem schwarzen Boden, doch nie tiefer als $^1/_2$—1 Fuß finden.

Der Grund, weshalb die Humusschichten sich nicht zu irgendwelcher nennenswerten Dickte entwickeln können, liegt wohl daran, daß sich bei dem verhältnismäßig hohen Kalkgehalt des Bodens die Humusverbindungen schnell zu Kohlensäure oxydieren.

Die den Witterungseinflüssen ausgesetzte Oberfläche der (innen meist marmorartig weißen) Pinnakel ist ein stumpfes schwarzgrau.

Gewisse grüne und noch mehr weiße Flechten pflegen gern auf den Phosphatfelsen zu wachsen; auf Dolomit und Kalk sind sie fast nie zu sehen. Die die Oberfläche mancher Teile der Insel bedeckenden größeren und kleineren Phosphatsteine sind oftmals durch die Flechtenflora, die sich als weißliche und grüne Flecken und Ueberzeuge äußert, auf weite Entfernung deutlich von den Dolomiten zu unterscheiden. Dazu kommt allerdings auch noch die Form; der Dolomit äußert sich in spitzen, zackigen und zerrissenen Formen, während die Phosphatsteine und Blöcke runde Konturen zeigen.

Analysen von Nauruphosphaten

(die Formel: $(Ca_3 P_2 O_8)x + \begin{pmatrix} Ca\,O \\ Ca\,(O\,H)_2 \\ Ca\,Fl_2 \end{pmatrix}_1$ demonstrierend.

($x = 3$ bis 5)

1.
- 1,94 % Feuchtigkeit
- 2,90 % Glühverlust
- 1,74 % Kohlensäure (CO_2)
- 38,79 % Phosphorsäure ($P_2 O_5$)
- 52,46 % Calciumoxyd ($Ca\,O$)
- Rest Fluor, Schwefelsäure, Eisenoxyd etc. nicht bestimmt.

2.
- 1,70 % Feuchtigkeit
- 3,30 % Glühverlust
- 1,88 % CO_2
- 38,72 % $P_2 O_5$ (entspr. 84,60 % $Ca_3 P_2 O_8$ alle $P_2 O_5$ als $Ca_3 P_2 O_8$ gerechnet)
- 1,60 % Fluor
- 0,22 % SO_3
- 52,47 % $Ca\,O$ (alles Ca an Fluor gebunden als Ca O gerechnet)
- 0,21 % $Mg\,O$
- 0,53 % $Al_2 O_3 + Fe_2 O_3$

100,62 %
0,67 % ab O für Fluor

99,95 %

entsprechend

1,70 % Feuchtigkeit
3,30 % Glühverlust (chem. geb. Wasser und org. Subst.)
1,04 % Phosphors. Eisenoxyd und Tonerde
83,47 % Dreibas. phosphors. Kalk ($Ca_3 P_2 O_8$)
0,37 % Schwefels. Kalk ($Ca SO_4$)
3,29 % Fluorcalcium ($Ca Fl_2$)
0,44 % Magnesiumcarbonat ($Mg CO_3$)
3,75 % Calciumcarbonat ($Ca CO_3$)
2,59 % Calciumoxyd (als $Ca_3 P_2 O_8 + Ca O$)
99,95 %

3.
2,95 % Feuchtigkeit
3,74 % Glühverlust
1,91 % CO_2
38,46 % $P_2 O_5$
51,39 % Ca O.

4. schwarze Erdschicht (Humushaltige Oberfläche)
6.20 % Feuchtigkeit (zieht beim Zerkleinern Feuchtigkeit an)
5,70 % Glühverlust
75,20 % Dreibas. phosph. Kalk
6,20 % Kohlens. Kalk.

5. Hochgräd. Phosphat.
2,60 % Feuchtigkeit
0.08 % Unlösliches und Kieselsäure
2,72 % Glühverlust
2,14 % Kohlensaurer Kalk
0.39 % Kohlensaure Magnesia
0,12 % Schwefelsaurer Kalk
1,30 % Phosphors. Eisenoxyd und Tonerde
86,02 % Dreibas. phosphors. Kalk
3,56 % Ca O im Ueberschuß über $Ca_3 P_2 O_8$, sowie das an Fluor (hier nicht bestimmte) gebund. Calcium als CaO gerechnet.

6.
0,00 % Feuchtigkeit (getrocknet bei 100° C)
3,20 % Glühverlust
2,18 % Kohlens. Kalk
0,98 % Kohlens. Magnesia
0,16 % Schwefels. Kalk
1,06 % Phosphors. Eisenoxyd und Tonerde
86,10 % Dreibas. phosphors. Kalk
0,42 % Unlösliches und Kieselsäure
4,70 % Ca O wie vorher (überbasisch und als $Ca Fl_2$)

7. Hochgrad. Phosphat.

0,96 % Feuchtigkeit	40,33 % Phosphorsäure
0,50 % Kohlensäure	53,57 % Calciumoxyd.

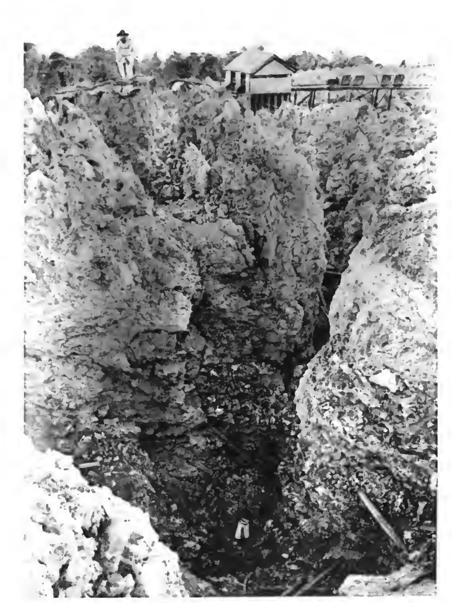


Bild X.

Tief eingeschnittene Karrenbildung auf Ocean-Island: Teilweise ausgearbeitetes Phosphatfeld mit zurückgebliebenen Dolomit-Pinnakeln. (Wenig Phosphat u. viel Dolomitfelsen) Die Furchung des Feldes ist so tief, daß das Phosphat noch in 57 Fuß Tiefe abgegraben wurde. Die Querfurchen enthalten noch das Phosphat.

Weitere Bestimmungen wurden in dieser letzten Probe nicht gemacht. Berücksichtigt man die übrigen Bestandteile nicht, so ergibt sich, über den dreibasischen phosphorsauren Kalk und den kohlensauren Kalk hinaus, ein Ueberschuß von 5,22 % Ca O.

Wie auf der Karte bemerkt, befindet sich die Niederlassung der Pacific Phosphate Co., die den Abbau von Phosphaten Naurus (und Ocean-Islands) betreibt, auf der Westseite der Insel; dort befinden sich auch die Landungsbrücken und die Festmacherbojen, die mit ca. 200 Faden die tiefstverankerten der Welt sind.

Die phosphatführende Landfläche Naurus beträgt über 1800 ha.[1]) Bis auf einige Felspartien und Hügelketten, deren Gestein (dolomitisierte Koralle) von Phosphat entblößt oder nur mit einer dünnen Schicht bedeckt ist, ist alles Hochland mit einer bis 13 oder mehr Metern mächtigen Ablagerung von Phosphat durchgehends bedeckt. An den Abhängen der Hügelketten liegt leicht gewinnbares Phosphat durchschnittlich mindestens 5 m tief; allerdings nehmen die Pinnakel, zwischen denen es liegt, im Durchschnitt zirka 25—33 % des Raumes ein. In den ehemaligen Lagunenbecken und auch in der Umgebung der Buada sind die Phosphatläger von bedeutenderer Mächtigkeit und wird auch ein nur vergleichsweise geringer Raum, höchstens 10 % (wahrscheinlich aber viel weniger) des ausnutzbaren Feldes durch Dolomitfelsen eingenommen.

Mit Sicherheit kann man sagen, daß im Durchschnitt auf Nauru das Phosphat 5—6 m mächtig ist, d. h. auf jeden Quadratmeter Hochlands-Oberfläche kommen mindestens etwa 12 Tons Phosphat. Die alte Schätzung von 42 Mill. Tons Phosphat auf Nauru ist deshalb unter allen Umständen zu niedrig angesetzt; danach würde das Phosphat nur eine ca. 1½ m tiefe Schicht bilden, was, abgesehen von wenigen kahlen Felsen und Höhenzüge, sowie einigen außergewöhnlich felsigen Abhängen nirgend auf Nauru der Fall ist. Möglicherweise liegt aber das Phosphat noch tiefer als oben angegeben.

Um die Felder bis zur gehörigen Tiefe auszubeuten, müssen die Gleise mit fortschreitendem Abbau nach und nach tiefer verlegt werden. An dieser Stelle die Arbeitsmethoden der Gewinnung der Phosphate, ihre Behandlung, Trocknung, Wärmeausnutzung beim Phosphattrocknen, besonders physikalische Eigenschaften der Phosphate zu besprechen würde zu weit führen und greift in das allgemeine Gebiet der Phosphatbehandlung und selbst in Behandlung allgemeiner bergbaulicher Fragen über, auch sind von mir angestellte das physikalische Verhalten dieser Phosphate betreffende Untersuchungen noch zu keinem Abschluß gelangt, wenngleich schon einige recht bemerkenswerte Resultate erzielt wurden.

[1]) Hochlandsfläche und Abhang an der Ostseite, soweit phosphatisch.

III. Kapitel

Ocean-Island, Angaur, Makatea; andere gehobene Inseln.

(Die übrigen Inseln der hochprozentigen Phosphate.)

Ocean-Island.

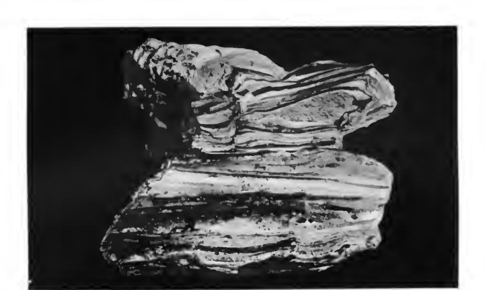
Während über Nauru die deutsche Flagge weht, gehört ihre Schwesterinsel Ocean - Island (auch Banaba oder Paanopa) zu dem britischen Protektorat der Gilbert Inseln.

Ocean - Island liegt etwa 0' 52 min. südl. Breite, in östl. Länge 169° 35'. Bis auf eine große Bucht im südöstlichen Teil der Insel (Home Bay) ist die Insel nahezu oval; sie hat einen Umfang von etwa sechs Seemeilen. Das Zentrum der Insel ist etwa 80 Meter hoch und fällt von dem inneren Plateau ziemlich regelmäßig zur Küste ab.

Ein öder Felsen, im Vergleich zu Nauru wenig bewachsen, arm an Kokospalmen und Pandanusbäumen ist seit etwa 12 Jahren die Insel der Schauplatz eines großartigen Minenbetriebes geworden, dessen Produktion diejenige Naurus heute noch etwas übertrifft, die sich aber möglicherweise oder wahrscheinlich zu Gunsten Naurus verschieben wird, da die Gewinnung des Phosphats schwieriger als auf Nauru, und ferner die Menge des vorhandenen Phosphats auf Ocean-Island erheblich geringer als auf Nauru ist. Eine mir bekannte Schätzung der Phosphatmenge Ocean-Islands spricht von 15 Millionen Tons.

Zwar weisen die Phosphate beider Inseln eine große Aehnlichkeit mit einander auf, doch ist die Qualität der Phosphate der einzelnen Felder Ocean-Islands ziemlich gleichmäßig und entspricht, auf Trockensubstanz berechnet, einer etwa $85^1/_4 - 86^3/_4$ % phosporsauren Kalk enthaltender Ware. Wie das Nauruphosphat, so geht auch ein großer, vielleicht der größere Teil der Produktion nach Australien und Japan; von europäischen Ländern ist Deutschland wohl der Hauptnehmer.

Nauru und Ocean-Island haben wohl die gleiche Entwicklung durchgemacht; die Erscheinung der Hebung einer Koralleninsel, die Dolomitisierung der Koralle, die Karrenfelderbildung und die Ablagerung der Phosphate hat sich im großen und ganzen in derselben Art und Weise wie auf Nauru gestaltet. (Bild X u. XI, Tafel IV c, auch Tafel I.)



Tafel X. Geschichtetes Phosphat.



Ocean-Island.

Oolithische Struktur von gelblich durchscheinendem Phosphat. Die oolithischen Körner (mit ca. 87 % $Ca_3 P_2 O_8$) sind in einen ca. 86 % $Ca_3 P_2 O_8$ enthaltenden erhärteten Phosphatschlamm eingebettet. Letzterer ist schichtenförmig gelagert. (Natürl. Größe). Man beachte die achatartige konzentrische Bänderung der Oolithe.

Während jedoch auf Nauru nur etwa 1—3 % des Phosphats (auf den hochgradigen Feldern aus oftmals harten Steinen) von etwa doppelter Faustgröße bis zu großen Blöcken (bis zu ½—1 Tonne Gewicht; der größte bisher gefundene Block war, aus dem Inhalt berechnet, fast drei Tons schwer) besteht, ist auf Ocean-Island die zwischen den Pinnakeln lagernde Phosphatmasse nicht nur als loser Kies und Sand, sondern zum großen Teil als ein zusammenhaltender poröser und sehr weicher Korallenfels enthalten, der allerdings sich meist leicht mit der Spitzhacke zerkleinern läßt. Die Folge ist, daß während auf Nauru der Steinbrecher nur selten in Aktion zu treten hat, in Ocean-Island ein großer oder vielleicht der größte Teil des geförderten Phosphats die Brecher passieren muß. Das Ocean-Island-Material ist frisch gebrochen von lederbrauner Farbe, wie das Nauruphosphat auf den Pinnakelfeldern Naurus, wird aber, der Sonne ausgesetzt, fast weiß.

Auf Ocean-Island kann nur ein ehemaliges Wasserbecken konstatiert werden, eine frühere Lagune, die jetzt durch das Plateau in der Mitte bezeichnet wird, auf dem sich die Residenz des höheren Regierungsbeamten des Gilbert- und Ellice-Inseln-Protektorat befindet. Wahrscheinlich hat sich dort die Phosphatbildung in ähnlicher Weise vollzogen wie in den ehemaligen Lagunen und Vertiefungen Naurus; möglicherweise wird man dort höherprozentige Phosphate von Geröllform, anstatt aus zusammenhängendem weichem Fels oder Sand und weichen Steinen bestehend, vorfinden; ebenso wird wohl die Anzahl der dort vorhandenen Pinnakel eine geringere sein, als auf dem ehemaligen Riff, das die frühere Lagune rings umschließt.

Dieses ehemalige Riff, auf dem die Arbeitsplätze der Pacific-Phosphat-Co. sich befinden, korrespondiert mit den die Buada Naurus umfassenden Höhenzügen; Ocean-Island würde also einem zweiten Nauru entsprechen, wenn man sich die Buada Naurus mit Phosphatgeröll angefüllt vorstellen würde, und wenn man sich alle weiteren Riffkränze und Höhenzüge auf Nauru und das dazwischen liegende Land (mit Ausnahme der die Buada direkt umgebenden Höhen) wegdenkt; Ocean-Island ist also ein einfacher, gehobener Atollring.

Die Verschrattungserscheinungen Ocean-Islands nochmals hier wiederzugeben, erübrigt sich wohl; die Zerklüftung dieser Insel ist eher noch weiter vorgeschritten als auf Nauru. Soviel ich mich erinnere, existiert, außer dem Oceanwasser, nur in einer Höhle ein wenig brackisches Wasser auf Ocean-Island; in trockenen Jahren war ehemals, bevor die Phosphatgesellschaft Kondensatoren aufstellte, oft empfindlicher Wassermangel zu konstatieren. Die eingeborene Bevölkerung — ca. 500 Menschen — gehören dem Stamme der Gilbert-Insulaner an; ihre Hauptfarbe ist jedoch etwas dunkler als die der übrigen Gilbertleute.

Die Gewinnung des Phosphats auf Ocean-Island ist schwieriger als auf Nauru; obgleich das Phosphatgestein sich leicht mit der Spitzhacke

loslöst, so erfordert es doch mehr Bearbeitung als ein reines Einschaufeln in Tragkörbe oder direkt in die auf transportablen Gleisen laufenden Kippwagen, wie auf Nauru. Es ist oft schwierig, das Phosphat zwischen den dicht nebeneinander stehenden, tiefe Schächte, Schluchten und Cannons bildenden Dolomitfelsen zunächst an die Oberfläche zu bringen und dann in die Kippwagen zu schaffen; es wird Phosphat bis zu einer Tiefe von über 50 Fuß auf diese Weise gefördert (s. Bild eines solchen Feldes).

Die Zerrissenheit der Dolomitinsel Ocean-Island würde noch in deutlicherer Weise hervortreten, wenn man sich das Phosphat von derselben entfernt denken würde; die Insel würde, von der Vegetation und der einhüllenden Phosphatdecke entblößt, einen unbeschreiblich wilden, trostlos öden Anblick darbieten.

Der Fluorgehalt im Ocean-Island-Phosphat ist etwas höher als der des Nauru-Produkts; die Frage der Fluorgasentwickelung in der Superphosphatfabrikation aus Ocean-Island wurde vor einigen Jahren einmal angeschnitten; wenn man kalte Säure zu Aufschließen verwendet, so ist die Bildung von Flußsäure (neben wenig Fluorsilicium) nur gering. Es sind zwischen 1,30—2,30 % Fluor im Ocean-Island-Phosphat enthalten.

Jod ist im Ocean-Island-Phosphat von mir nicht gefunden worden; die Möglichkeit eines solchen Vorkommens ist jedoch nicht ausgeschlossen; Brom habe ich nie darin entdecken können, wie in keinem bisher von mir untersuchten Phosphat; es scheint das Fluor in der Apatitformel nicht ersetzen zu können (s. auch Nauru-Phosphat).

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß Ocean-Island-Phosphat noch weniger Eisenoxyd und Tonerde als Nauruphosphat enthält; es sind meist weniger als 0,6 % R_2O_3 darin enthalten.

Der Abfall des Strandriffs zur See ist auf der Weistseite steil; er beträgt etwa 45°; wie auf Nauru sind die Tiefen an der Ostküste geringer als an der Westseite.

Zwei Drittel der Insel, vom Nordwesten über Nord, Ost und Südost, bis Sydney Point, ist die Insel am inneren Rande des Riffs mit einem 3—10 m hohen Felsen- und Klippengürtel umgeben, der steil zum Riff oder zu schmalen Sandstreifen zwischen Land und Riff abfällt.

Wie schon Power vermutete, befindet sich Ocean-Island in langsam aufsteigender Bewegung; Lotungen um die Insel haben keine unterseeischen Terrassen ergeben, wenigstens ist mir nichts davon bekannt, übereinanderliegende Höhlenbildungen zeigen mehrere Perioden aufsteigender Bewegung an.

Die Unterwaschung des Inselrandes und der Einsturz überhängender Dolomitfelsen, soweit sie über das Riff hinweg dem Ansturm der Wogen preisgegeben ist, dauert fort; an verschiedenen Stellen ist der Dolomitfels

Bild XI.

Dolomitische Verschrattungsbildung aul Ocean-Island. (Horizontale Strandlinien, Höhlenbildung, Einwirkung des herabrieselnden Wassers.)

Diese Erscheinung ist der Wirkung des Regenwassers und der der Meeresfluten zuzuschreiben. (Letztere v o r der Hebung der Insel.)



bis zur Höhlenbildung unterminiert, und Zusammenbrüche des überhängenden Gesteins sind in den letzten Jahrzehnten, soweit sich dies verfolgen läßt, mehrfach vorgekommen.[1])

In welch intensiver Weise das Abnagen der Insel vor sich geht, darüber erzählt Power ein Beispiel: Es sind Plattformen für Hütten von Eingeborenen direkt am steilen Abfall der Felsen vorhanden, und zwar in solchen Positionen, daß sie heute keinesfalls bewohnt werden könnten. Die Wohnungen sind, wie mir scheint, aus dem Grunde verlassen worden, weil das von den Wogen unterwaschene und zusammenstürzende Gestein den Bewohnern den Aufenthalt zu gefährlich machte.

A. E. Stephen untersuchte (s. das schon erwähnte Heft von Power) einen Pinnakel von Ocean-Island und fand darin 18,55 % Magnesia; es scheint jedoch, daß auch hier das gesamte Inselfossil, abgesehen vom Phosphat, aus dolomitisierter Koralle besteht.[2]) Verf. hat von einer früheren Reise einige Stücken von Pinnakeln und Felsen Ocean-Islands untersucht und darin gefunden:

34,20 % $MgCO_3$
37,42 % $MgCO_3$

Danvers Power nennt den Magnesiagehalt dieses erstgenannten Pinnakels (mit 18,55 % Magnesia) nur nebenbei und scheint der Dolomitisierung der Insel keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, da er später stets nur von der Härte und den spezifischen Gewichten des Calcits, Aragonits, Conchits und des Phosphats als den in Frage kommenden Körpern spricht. Auch erwähnt er die Dolomitisierung Naurus überhaupt nicht, nicht einmal das dortige Vorkommen von Dolomit, den er augenscheinlich als Calcit angesehen hat. Calcit kommt hier kaum in Frage für die Phosphatbildner, Conchit hat sich mit Aragonit identisch erwiesen; der bestimmende Anteil bei der Inselbildung und auch bei der Genese der auflagernden Phosphate durch Infiltration von Guano ist zweifellos — von den in Frage kommenden Carbonaten — neben dem Aragonit dem Dolomit zuzuschreiben, ja ich möchte behaupten, daß der Magnesiagehalt des vorhandenen Carbonats auf die Bildung so ausnahmslos hochgradiger Phosphate von bestimmendem Einfluß gewesen ist, da die leichter löslichen Magnesia-Phosphatverbindungen das schon mehr oder weniger phosphatisierte Korallendébris besser durchdringen und darin zirkulieren konnten, um die Dekarbonatisierung (Löslichkeit der kohlensauren Ammoniak-Magnesia) des Phosphatsandes, Kieses und

[1]) Auf Nauru brach in meiner Gegenwart in der Nähe von Enniberi im Jahre 1910 ein großer Dolomitfels, am Riff stehend, einige Fuß über dem Riff ab, da durch die Abrasion durch die Wellen der Fels dort so geschwächt war, daß er den Oberteil nicht mehr tragen konnte.

[2]) Diesen Dolomit hat Power wohl als eine vereinzelte Erscheinung betrachtet; er spricht: Carbonate of Line . . . . is the predominating rock.

Gerölls und damit die Phosphatisierung desselben so vollständig zu machen, wie dies von den Kalksalzen allein vielleicht nicht erreicht worden wäre (siehe Nauru).

Ocean-Island wurde 1804 durch das englische Schiff »Ocean« entdeckt; die Insel ist ca. 25 Meilen weit von der See aus sichtbar. Es ist kein direkter Hafen vorhanden, doch gibt die Homebay bei nicht gerade ungünstigem Wetter mit ihren Festmacher-Bojen genügende Sicherheit für selbst große Schiffe. Bei für die Homebay (beim Dorf Ooma, sprich Uma) ungünstigem Winde kann oft in Tapiwa verladen werden, kleinere Schiffe können bei Nordwind und wenig Dünung in einer Tiefe von 7—10 Faden südlich von Sydney Point im Sandboden vor Anker gehen.

Im Jahre 1901 wurde die Insel durch Kapitän Tupper, vom Kriegsschiff Pylades, für Großbritannien annektiert.

Die Flut steigt ca. $1^3/_4$—2 m.

Nach dem Kapitän des »Pylades« sollten die Bojen in der Homebay etwas weniger nahe an der Küste liegen; soviel mir bekannt, sind daraus nie Schwierigkeiten erwachsen, auch sind seither wieder neue Bojen gelegt worden. Er empfiehlt die Festmacherbojen von Tapiwa, die bei 60 Faden Tiefe ca. $1^1/_2$ Kabellängen von der Küste entfernt sind. Ob in Ooma oder Tapiwa Phosphat verladen werden soll, hängt natürlich von den verschiedensten Umständen ab.

Analysen von Ocean-Island-Phosphat:

1. Getrocknet bei 100° C:
   - 0,18 % Kieselsäure und Unlösliches
   - 3,70 % Glühverlust
   - 0,36 % Eisenoxyd und Tonerde
   - 4,26 % Calciumcarbonat
   - 85,90 % phosphorsaurer Kalk (alle P_2O_5 als $Ca_3P_2O_8$)
   - Rest nicht bestimmt.
2. Getrocknet bei 100° C:
   - 0,39 % Kieselsäure und Unlösliches
   - 3,62 % Glühverlust
   - 0,81 % phosphorsaurer Eisenoxyd und Tonerde
   - 85,30 % dreibasisch phosphorsaurer Kalk
   - 0,12 % schwefelsaurer Kalk
   - 4,20 % kohlensaurer Kalk
   - 0,16 % kohlensaure Magnesia
   - 4,21 % Fluorcalcium
   - 1,28 % CaO über die genannten Kalkverbindungen.

Auch auf Ocean-Island kommt die bröckelige Varietät des Nauruit (gelartiger phosphorsaurer Kalk) vor, dagegen sind die gebänderten harten Phosphatachate auf Ocean-Island besser vertreten als auf Nauru. Doch auch hier ist der Nauruit verschieden von wachsglänzenden Curaçao-Phosphat-Abscheidungen.

Angaur.

Die Palaus (zwischen 6° 50′ und 8° 10′ nördl. Breite und zwischen 134° 10′ und 134° 48′ östl. Länge gelegen) scheinen dem asiatischen Kontinental-Rande anzugehören, der weiterhin durch die Marianen und die Insel Jap begrenzt wird.

Vom Bezirk der Karolinen werden die Inseln durch den sog. Palau-Graben, eine in zwei Teile zerfallende Meeresbodendepression getrennt: der südliche Teil ist über 7000, der nördliche über 8000 m tief. Das die Palau-Inseln unmittelbar umgebende Meer zeigt die ebenfalls bedeutenden Tiefen von 4—5000 m.

Man kann in den Palaus zwei Gruppen von Inseln unterscheiden: die ältere, Gesteine und Syenitgranit, Melaphyre, Augitandesite mit ihren roten Zersetzungsböden, und Koralleninseln, von denen Angaur wegen der Phosphatläger am wichtigsten ist. Angaur ist ca. 30—40 m hoch. Die nördlich von Angaur (diese Insel ist die südlichste der Gruppe) belegene Insel Pililju, ebenfalls phosphatführend, ist nur ca. drei Meter hoch, nach Norden zu steigen einzelne Partieen bis zu ca. 70 m an, Überbleibsel eines ehemaligen gehobenen Korallenriffs darstellend.

Die Palaus bedürfen noch eines eingehenden geologischen Studiums; besonders auch die eigentümlichen pilzförmigen Inselchen und die Zerteilung der Riffe durch Ebbe und Flut in kleinere inselartige Fragmente sind insofern interessant, als daraus Schlüsse in Beziehung auf die geologische Vergangenheit der Gruppe gezogen werden könnten. Vielleicht ist letztere Erscheinung ursprünglich durch eine Verschrattung eingeleitet worden.

In Hinsicht auf Angaur, der Hauptinsel der Deutschen Südsee-Phosphat-Gesellschaft (mit dem Sitz in Bremen) muß sich Verfasser nur auf wenige Angaben beschränken, da er die Insel nicht selbst besucht hat und die ihm gemachten Mitteilungen durchaus nicht genügen, um eine erschöpfende Beschreibung der Angaurer Phosphate zu geben.

Bezüglich einer Schätzung der Menge des vorhandenen Phosphats sowohl auf Angaur als auch auf den den gleichen Konzessionsinhabern überwiesenen Inseln Piliju (in den Palaus) und Fais[1]) (in den Westkarolinen) kann nichts Genaues mitgeteilt werden, da, wie auch auf den übrigen Phosphatinseln des Typs der gehobenen und verschratteten Inseln, die Pinnakelbildung und die Ungleichmäßigkeit der Oberfläche des das Phosphat tragenden Felsens, sowie die dadurch bedingte außerordentliche Verschiedenheit der Phosphatschicht eine Begutachtung der Menge des Phosphats sehr erschwert resp. unmöglich macht. So schwanken denn auch die dem Verfasser gemachten Angaben über die Menge des Angaur Phosphats zwischen 1½ bis 2½ Millionen Tons; hinsichtlich Fais (oder Feis) wurde von ca. 3—600 000 Tons gesprochen. Ob diese Schätzungen auch nur annähernd den Tatsachen entsprechen, weiß Verfasser nicht,

[1]) Ein anderer Namen für Fais (Feis) ist Trommelin.

da die Quellen, aus der sie geschöpft wurden, nicht zuverlässig sind. Es kommen vermutlich auf Angaur einige ca. 78—80prozentige Phosphate vor, doch enthält wohl die Hauptmenge des Materials über 80 % $Ca_3 P_2 O_8$; vereinzelt kommen sogar 87—89prozentige Partien vor. Die oolithische Struktur ist sehr ausgeprägt; man findet viel phosphatische Tonglomerate, die wie Fischrogen aussehen. Manches Phosphat ist fast tonig zu nennen, wenn es feucht ist.

Die bis vor kurzem nach Europa kommenden Ladungen waren nicht so hochprozentig, als man anfangs erwartete; auch die Trockenheit des verschifften Phosphats ließ zu wünschen übrig; es mußte teilweise in Europa nachgetrocknet werden. Über diese Schwierigkeiten scheint man jetzt hinweggekommen zu sein, da die Qualität des Phosphats sich erheblich besserte und die Ware gleichmäßiger wurde, sowohl was den Prozentgehalt an Tricalciumphosphat als auch den Feuchtigkeitsgehalt betrifft.

Die Vermahlbarkeit des unter 5 % Feuchtigkeit haltenden Angaur Phosphats ist eine sehr günstige; sie kommt den besten Nauru- und Ocean-Island-Phosphaten gleich. Das felsige Riffphosphat ist bei etwas geringerem Gehalt an $Ca_3 P_2 O_8$ auch schwerer vermahlbar. Die Aufschlüsse zu Superphosphat stellen sich kalkulatorisch günstig.

Die früheren 80—84 prozentigen Ladungen ergaben Superphosphate mit zwischen 18 ½ und 19 ¼ % wasserlösliche Phosphorsäure; sollte weiterhin 85—86 ½ prozentige Ware auf den Markt kommen, was nach Sachlage zu erwarten ist, so würde das Superphosphat aus derselben natürlich entsprechend höhergrädig ausfallen.

Günstig ist der niedrige Fluorgehalt; es schwankt zwischen Spuren und ca. 1 ¼ %; es ist, soweit dies zu beurteilen ist, im Angaurphosphat im Durchschnitt weit weniger Fluor vorhanden als etwa im Ocean-Island-Phosphat. Es nähert sich in dieser Beziehung dem Makatea-Phosphat. Es sollen ganze Cargoes mit nur Spuren von Fluor ausgekommen sein. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk schwankt zwischen 3 und 6 ½ %.

Ob Angaur (30—40 m hoch) und Pililju (in den Palaus) als Inseln mit jetzt aufsteigender Tendenz zu betrachten sind, ist wohl mindestens zweifelhaft; es spricht manches dagegen, doch möchte Verfasser sich vor der Hand kein sicheres Urteil darüber erlauben. Feis ist meines Erachtens jedoch eine Insel, die in mehrfacher Beziehung Aehnlichkeit mit Ocean-Island und Nauru hat in Bezug auf seine Hebungserscheinungen. Nach mir gemachten Beschreibungen und Abbildungen scheinen die Karren (Pinnakel) Angaurs ebenfalls Dolomite zu sein, soweit dies aus der Form derselben geschlossen werden kann; die definitive Bestätigung meiner Vermutung, der ich einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit

zumesse, wäre interessant. Proben der Pinnakelfelsen konnte ich trotz meiner Bemühungen nicht erhalten. In Fais (oder Feis) »soll« der Korallenfels weicher sein nach Aussagen von Beamten und Kaufleuten.

Ein Teil des Phosphats auf Angaur liegt in feuchtem bis sumpfigen Boden, wie Verf. mitgeteilt wurde (siehe übrigens Plan der Insel, Tafel 12).

Wie auf den übrigen Inseln, so wird auch auf Angaur das Phosphat in Kippwagen geladen und auf Feldgleisen den Trocknern zugeführt. Feis soll ebenfalls erschlossen werden.

Analyse von Angaur-Phosphat

(wahrscheinlich bei 100° getrocknet)

(Handelsanalyse)

1,20 % Wasser
39,66 % Phosphorsäure
entspr. 86,76 % Tricalciumphosphat
Spuren Fluor
1,57 % Eisenoxyd und Tonerde
51,52 % Kalk
0,04 % Stickstoff
0,15 % Organisches

Phosphat von Fais

(wahrscheinlich bei 100° getrocknet)
(Hamburger Handelschemiker)

2,08 % Wasser
37,03 % Phosphorsäure
entspr. 80,93 % Tricalciumphosphat
Starke Reaktion auf Fluor
1,62 % Eisenoxyd und Tonerde
49,88 % Kalk
0,18 % Stickstoff
0,22 % Organisches

Eine Probe Angaur-Phosphat enthielt auf Trockensubstanz (kein Cargo-Durchschnitt)

1,90 % Glühverlust
2,60 % CO_2
38,20 % P_2O_5 (entspr. 83,47 % $Ca_3P_2O_8$)
0,80 % Fl.
0,48 % SO_3
0,46 % MgO
1,70 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
52,70 % CaO

Makatea oder Aurora-Island.

Makatea (soweit Verfassers Kenntnisse der polynesischen Sprachen reichen: Maka = Auge, kea oder tea = weiß, also Weißes Auge) gehört dem Paumotu-Archipel an und liegt an der Grenze desselben und der Tahiti-Gruppe; die Insel liegt etwa 130 Meilen nordöstlich von Otaheiti, unter 15° 50' südl. Breite und 148° 11' westl. Länge. Sie ist ein Korallenriff, ungefähr 7½ km lang und 3—3½ km breit. Die Oberfläche bedeckt einen Raum von ungefähr 2400 ha[1]), ist also annähernd so groß als Nauru.

Im Vergleich zu den anderen Inseln des Paumotu-Archipels, die meist niedrige Atolle mit eingeschlossenen inneren Lagunen sind, ist Makatea eine gehobene Insel, die sich auf drei Seiten zu einer zwischen 50 und 76 m variierenden Höhe erhebt.

An den meisten Stellen fallen die Gestade der Insel schroff zum Meere hinab. Man kann mit Leichtigkeit mehrere Terrassen (deren fünf mit großer Deutlichkeit sich auch durch Strandlinien im Gestein charakterisieren) erkennen; eine der die einzelnen Hebungsetappen demonstrierenden Strandlinien hat sich zu einer Reihe von Brandungshöhlen ausgebildet, die sich in ziemlicher Höhe befinden.[2])

Ein steiler Fußpfad führt zu dem mit Kokospalmen, Pandanusbäumen, Orangen etc. bewachsenen Hochplateau; dieser Pfad durchzieht die ganze Insel ihrer ganzen Ausdehnung nach.

Ehe die Makatea-Phosphate entdeckt wurden, war die Insel von etwa 100 Eingeborenen bewohnt; ihre Nahrung bestand in den Erträgnissen ihrer Kokosnußplantagen, die ihre Dorfschaft umgaben, in der sie in armseligen Hütten wohnten; sie sind Polynesier.

Vor einer Reihe von Jahren schickte eine französische Studiengesellschaft, die Société Française des Iles du Pacific, ein Komitee aus, um die Ablagerungen näher zu studieren und die evtl. Abbauwürdigkeit des Phosphats festzustellen. Schließlich wurde, da die Verhältnisse günstig schienen, diese Studiengesellschaft durch die neugebildete Compagnie Française des Phosphates de l'Océanie ersetzt, die es jetzt unternimmt, die Phosphatläger zu verwerten.

Vor dieser Zeit der Bildung der letztgenannten Gesellschaft, etwa 1906, hatte Verfasser Gelegenheit, als einer der Ersten die Qualität der Makatea-Phosphate kennen zu lernen, die ihm zur Untersuchung und Begutachtung während seines Aufenthalts in Honolulu, Hawaii, vorgelegt wurden.

Die Hauptablagerungen enthalten jedenfalls fast nur sehr hochwertige Phosphate, zwischen 80—85% $Ca_3 P_2 O_8$ aufweisend; daneben untersuchte

---

[1]) Nach Les Annales coloniales, 1912, Nr. 20.

[2]) S. Tafel Nr. 13 und 14, und Bild XII und XIII.



Bild XII.
Makatea. Phosphatfeld mit Pinnakeln.



Bild XIII.
Makatea. Flachland, ins Riff übergehend. Das Inselfossil ist ein gehobenes Atoll.



Verfasser einen phosphatischen Sand, anscheinend aus der Nähe des Strandes, dessen Gehalt sich auf ca. 72 % $Ca_3 P_2 O_8$ belief. Wieviel von diesem niedriggrädigen Phosphat vorhanden ist, vermag Verfasser nicht zu sagen; soweit beurteilt werden kann, wird es verhältnismäßig wenig sein.

Auch bei Makatea zeigt sich, daß die bedeutenden hochgrädigen Inselphosphate im Stillen und Indischen Ozean sich besonders auf die älteren gehobenen Koralleninseln mit völliger oder doch wenigstens vorgeschrittener Dolomitisierung des Inselfossils konzentrieren.

Wie teilweise auf Nauru, dann aber besonders auf Angaur giebt es auf Makatea Phosphate in großer Menge mit oolitischer Struktur, die durch ein Bindemittel zusammengekittet, äußerlich einem erhärteten Fischrogen ähneln.

Im Jahre 1910 wurden vom Stillen Ozean im Ganzen ca. 400 000 Tons dieser hochgrädigen (über 80 % $Ca_3 P_2 O_8$ auf Trockensubstanz) Phosphate verschifft (von Nauru allein 143 000 Tons). Nur dank der vorzüglichen Qualität der pazifischen Phosphate können diese in Europa mit anderen Phosphaten, besonders Florida und Nordafrika, konkurrieren, zumal der Frachtenmarkt z. Z. der Herausgabe dieser Schrift außerordentlich zugunsten der Reeder steht.

Im Anfang der Arbeiten hatte die Phosphatkompagnie mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden, besonders wegen der Zerstückelung des Grundbesitzes, der in den ungleichmäßigsten Abmessungen den einzelnen Eingeborenen gehört, Unsicherheit der Feldgrenzen hervorrufend, besonders aus dem Grunde, weil keine Katastrierung vorhanden ist Die Gesellschaft ist nun zu einem Abkommen mit Gruppen von Landeigentümern gekommen, die gemeinsam abgefunden werden.

Man hat großartige Anlagen auf Makatea geschaffen; u. a. sei erwähnt: ein 300 m langer Pier, ein Anfzugswerk von 200 m Länge, dessen schräge Bahn in die Felsen eingeschnitten werden mußte, um den steilen Abfall des Landes zu überwinden; man hat mehrere Kilometer Eisenbahnen gebaut; die Festmacherbojen sind ca. 400 m tief verankert.

Der Boden der Insel ist in Wirklichkeit gänzlich aus Koralle gebildet und der Rand zwischen dem Gestade und den Phosphatfeldern besteht aus einem unentwirrbaren Labyrinth von emporstrebenden Felsen von außerordentlicher Härte, die der Landschaft das sonderbare und sehr charakteristische Ansehen von gewaltigen versteinerten Schwämmen geben. Es ist also auch hier eine Karrenfelderbildung und eine Verkarstung der Insel in ähnlicher Weise wie auf Nauru eingetreten, die sich auch in der Existenz dreier unter dem Meeresspiegel befindlicher Quellen äußert. Die mit Stalaktiten reichlich versehenen Höhlen durchziehen — abgesehen von den Brandungshöhlen in halber Höhe der Kliffs — die Insel, ähnlich wie auf Nauru.

Risse und Spalten von mehreren Metern Tiefe, verborgen durch Gestrüpp, lassen die Schwierigkeiten ermessen, welche zu überwinden waren, um Eisenbahnen zu konstruieren, Maschinen, Trockner, Brechwerke etc. zu errichten, Werkstätten und Wohnhäuser zu bauen und dergl. — Wir finden also hier ähnliche Verhältnisse wie auf Nauru vor, vielleicht mit dem Unterschiede, daß die Natur den Bestrebungen zur Nutzbarmachnng der Schätze der Insel auf Makatea mehr Widerstand als auf Nauru entgegensetzte. Die Phosphatablagerungen erreichen natürlich bei weitem nicht die Mächtigkeit nnd Ausdehnung wie auf Nauru.

Man hat versucht, auf Makatea mit Kanaken benachbarter Inseln zu arbeiten; man hat im allgemeinen schlechte Erfahrungen damit gemacht im Gegensatz zu den Karolinern auf Naurn, die sich bewähren.

Die Niederlassung der Compagnie française des Phosphate de l'Océanie auf Makatea ist auf dem Plateau gelegen; dort befindet sich auch eine meteorologische Station.

Nähert man sich der Insel mit dem Schiff, so erweckt der Anblick die Meinung, daß die Klippen aus Basalt beständen. An einer Seite ist der Abstieg vom Plateau zur See allmählich. Der Fels ist sehr hart und kompakt, enthält aber in manchen Lagen sehr schöne Steinkerne von Muscheln etc.

Prof. Silliman, der wohl als erster die Felsen der gehobenen Koralleninsel Makatea (Matea) untersuchte, fand, daß, obgleich die frischen Korallen der Insel wenig Magnesia enthalten, in dem harten Gestein 38,07 % $MgCO_3$. Der Fels hat die Härte 4, ist im Bruche splitterig und hat ein spezif. Gewicht von 2,69. Das lockere, fragmentarische Korallengestein hatte nur 5,29 % $MgCO_3$. Die Untersuchungen Sillimans liegen weit zurück, ehe man an Phosphate auf Makatea dachte.

Makatea-Phosphat ist im allgemeinen ein weicheres Material als Nauru-, Ocean-Island und Angaur-Phosphat; seine Vermahlbarkeit ist eine sehr gute. Der weitaus größte Teil des verschifften Phosphats stellt einen gröblichen, gelbbraunen Sand oder Kies dar. Das Phosphat ist meist mit dem Fingernagel zerdrückbar, ja kann zuweilen mit den Fingern zerrieben werden.

Auch Makatea ist ein reiner Korallenbau ähnlich wie Nauru. Das Phosphat lagert auf dem korallogenen Fels meist in Form des erwähnten groben Sandes; an einzelnen Stellen ist jedoch das Phosphat felsig.

Soviel mir bekannt, ist bisher der an früherer Stelle erwähnte Nauruit noch nicht in reinem Zustand auf Makatea gefunden worden, doch hat anscheinend eine Imprägnierung in ähnlicher Weise stattgefnnden wie dies mit dem Nauruphosphat geschah. Die Möglichkeit des Vorkommens des Nauruits sind vorhanden; andererseits mögen ja die Konzentrationsverhältnisse der Gnanolösungen auf Makatea von denen Naurus verschieden gewesen sein. Makatea-Phosphat ergiebt Superphosphat mit ca. $18^3/_4$—19 % wasserl. Phosphorsäure.

Untersuchungsresultate von Makatea-Phosphaten.

I. (Analyse aus Paris):

Feuchtigkeit, bei 100° weggehend	1,40 %	
Glühverlust	3,05 %	
Unlösliches	0,08 %	
Phosphorsäure (P_2O_5)	37,88 %	— (entspr. 82,76 % $Ca_3P_2O_8$)
Kalk (Ca O)	53,70 %	
Kohlensäure (CO_2)	2,55 %	— (entspr. 5,79 % $CaCO_3$)
Eisenoxyd und Tonerde	0,40 %	
Stickstoff	Spuren	
Unbestimmt	0,94 %	
	100,00 %	

II. Analyse, im Giessener Universitätslaboratorium vom Verfasser ausgeführt: getrocknet bei 100°:

Glühverlust	2,90 %
Unlöslich	0,12 %
Phosphorsäure	38,68 %
Kalk	53,58 %
Magnesia	0,12 %
Schwefelsäure	0,14 %
Kohlensäure	2,68 %
Eisenoxyd und Tonerde	0,62 %
Rest unbestimmt.	

Es sei bemerkt, daß in dieser Probe Fluor nur in sehr geringer Menge vorhanden war.

Bemerkenswert ist, daß in beiden Fällen ein ganz erheblicher Überschuß an Kalk über $Ca_3P_2O_8$ vorhanden ist, der deutlich erkennen läßt, daß man mit einer der Verbindungen $(Ca_3P_2O_8)\ x \left\{ \begin{array}{l} Ca\ O \\ Ca\ (OH)_2 \end{array} \right.$ zu rechnen hat.

Auch auf anderen gehobenen Koralleninseln des Stillen Oceans hat man nach Phosphaten gesucht und auch teilweise gefunden. Man hat sich natürlich meist in ein großes Geheimnis in Beziehung auf die Auffindung von solchen Phosphatlagerstätten gehüllt. Im Allgemeinen kann man wohl annehmen, daß das Augenmerk des mit der Leitung einer Phophatexpedition Betrauten zunächst auf die gehobenen dolomitisierten Koralleninseln zu richten ist. Man muß auch der Tatsache Rechnung tragen, daß die Formen, in denen das Phosphat vorkommen kann, äußerlich sehr verschieden sein können, der Unterschied, z. B. im Aussehen der hochprozentigen Nauruphosphaten, die sich als ein aus runden Konkrementen bestehendes Geröll erweisen, und etwa Makatea-Phosphat ist schon bedeutend, wie viel mehr z. B. variieren im Äußern der Nauruit, oder das aus einem tiefschwarzen, fast basaltartig aus-

sehenden Phosphatblöcken bestehendem Phosphat, wie es zuweilen in 12—18 Fuß Tiefe auf Nauru gefunden worden ist. Lokale Umstände können auf jeden Fall andere äußere Erscheinungen erzeugen, die unter Umständen besonders den Nichtfachmann täuschen können. Auf vulkanischen Inseln können geringe Mengen von Beimischungen erhebliche Farbennuancierungen hervorbringen. Geringe Mengen Chrom färben z. B., wie ich aus Erfahrungen in anderen Ländern weiß, die Phosphate grün, Eisen oftmals rot, organische Substanzen können verschiedenartig gefärbte Phosphate erzeugen. Auch felsiges Phosphat kann oftmals zu Täuschungen Veranlassung geben. Dann ist auch zu berücksichtigen, daß nicht allein ein hoher Gehalt an phosphorsaurem Kalk wertbestimmend ist, sondern daß die Zusammensetzung des etwa zu gewinnenden Phosphats von Handelsusancen abhängig ist.

Es ist möglich, daß, wie dies bei einem palästinensischen Phosphat (83—85 %ig) der Fall ist, die Phosphate unter dem Einfluß des Wassers und der Pressung (als secundär abgeschiedenes Phosphat) sich in ein durchaus festes, krystallinisches, felsiges Gestein umwandelt, dessen Aussehen durchaus nicht mehr an seinen Ursprung erinnert und geeignet ist, sich der Auffindung zu entziehen. Die meisten palästinensischen Phosphate (deren Ablagerungen Verfasser während einer längeren Reise durch Syrien eingehend studierte) sind ursprünglich schwarz und ähneln den Algier-Phosphaten; das erwähnte kristallinische Phosphat ist durchaus hellfarbig, meist grün und kristallinisch-splitterig.

Noch größere Verschiedenheiten bieten in ihrer äußeren Erscheinung die Eisen- und Tonerdephosphate dar.

Auf der gehobenen Koralleninsel **Elisabeth** wurde ebenfalls Phosphat gefunden; meines Wissens wurde sogar einmal eine kurze Beschreibung der Insel und ihrer Phosphate im San Francisco Call gegeben, ebenso sind zweifellos in den Fidschi-Inseln und in den Cook-Inseln Phosphate vorhanden, die aber möglicherweise mehr Eisenoxyd- und Tonerde enthalten. Ein großer Teil der Südseeinseln sind vielleicht nach Phosphaten abgesucht worden, aber die Möglichkeit der Auffindung noch unbekannter Ablagerungen ist trotzdem vorhanden; zu beachten wäre vielleicht, daß mit einem den Florida-Phosphaten ähnlichen Vorkommen zu rechnen wäre, die, ein umgewandelter phosphatisierter Korallenkalk, in einem Ton eingebettet liegen, der durch Waschen von den Phosphaten entfernt werden muß.

Bemerkungen des Verfassers zu Nauru, Ocean-Island, Angaur, Makatea und anderen gehobenen Inseln.

Wenn ich in den vorstehenden Ausführungen mich im wesentlichen auf die Darwin-Dana'sche Theorie der korallogenen Insel-Bildungen stützte, so geschah das deshalb, weil die von anderer Seite gemachten Einwände

durchaus nicht stichhaltig sind, daß sie mich veranlassen könnten, meinen Standpunkt in dieser Frage zu ändern. Gerade die früheren Submersionen der jetzt gehobenen Koralleninseln, die durchaus nicht gegen die genannte Theorie verstoßen, veranlassen mich, so lange meiner Überzeugung, zum mindesten für die Südsee, treu zu bleiben, bis neue Untersuchungen etwa Gegenteiliges ergeben werden.

Im übrigen habe ich gerade die Hebungs- und Senkungsphänomene in dieser Arbeit so kurz wie möglich behandelt, da ich die Absicht habe, meine Untersuchungen über die Beziehungen älterer korallogener Inseln zu anderen Hebungs- und Senkungserscheinungen, sowie Ereignissen, die (zu der Zeit der Vertikal-Bewegungen der Inseln resp. der Aenderungen des Niveau-Verhältnisses von Meeresspiegel und Inseln) darauf einwirken konnten, in den nächsten Jahren fortzusetzen.

Da die gegenwärtige Abhandlung auch praktische und technische Fragen beantworten soll, so mußte in meinen Ausführungen zuweilen Rücksicht auf den Nichtgeologen, besonders auf den Ingenieur und Chemiker, genommen werden und manche für den Fachgeologen vielleicht unnötigen Erklärungen herangezogen werden.

Es stand mir für die Bearbeitung meines Themas nur ein außerordentlich geringer Zeitraum zur Verfügung; dies ist auch der Grund, weshalb ich an dieser Stelle von der Veröffentlichung der Bestimmungen und der Vergleichung der Arten riffbauender Korallen und Algen sowohl älterer als auch rezenter[1]) Formen, ferner der in Frage kommenden Foraminiferen, Radiolarien, Globigerinen etc. vorläufig absehen mußte, da sie noch sehr unvollständig sind; ich habe die Absicht, diese Untersuchungen mit den obenerwähnten in einer späteren Arbeit zusammenzufassen.

Das Studium der meiner Ansicht nach noch garnicht berücksichtigten Frage: »Ist die Hebung und Senkung einer korallogenen Insel im Großen und Ganzen eine gleichmäßige, d. h. bezieht sie sich auf eine größere Fläche Meeresboden, oder aber geht, wie es mir hin und wieder schien (z. B. Nauru, ferner Risse im Riff der Oroluk-Lagune etc.), der Druck von unten, der die Hebung verursacht, von einer engbegrenzten Stelle aus, von wo aus er sich konzentrisch oder radial fortsetzt?« soll gleichfalls in Angriff genommen werden; die Lösung dieses Problems wäre von einschneidender Bedeutung für die Kenntnis der pacifischen Inseln. Es scheint z. B., daß das Hebungszentrum Naurus unter den älteren Teil der Insel resp. etwas nördlich von der Buada liegt; es scheint dort ein katastrophenartiger Durchbruch durch einen Höhenzug von dem jetzigen Arbeitsfelde der Phosphatgesellschaft zur Buada-Depression stattgefunden zu haben. Weitere Studien darüber müssen noch gemacht werden.

Dann wäre von Interesse, die zerstörende Wirkung von Würmern, Schwämmen und anderen Formen näher zu studieren, die das Korallenriff

[1]) Rezent meint hier immer posttertiär.

teilweise in lockere oder weiche Massen zu verwandeln imstande sind; zweifellos setzen solche von ihnen angegriffenen Stellen weiterer Zerstörung durch die See wenig Widerstand entgegen. Als merkwürdig sei erwähnt, daß lange, drahtförmige Würmer auch den Dolomit an dem Ostriff Naurus durchziehen, so daß selbst dies harte Gestein wie mit Bohrlöchern durchzogen ist. Zerschlägt man das Gestein, so reißt auch der Wurm entzwei. Vermutlich sondert das Tier einen stark saureren Saft ab, der die Karbonate löst.[1])

Wahrscheinlich ist die zoogene Zerstörung von Riffkalken von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Wir kennen bisher eine Reihe von Arten dieser Riffzerstörer, die teilweise, wie die Serpulae, in Symbiose mit Korallen leben, teilweise die Polypen selbst zerstören (Holothurien, Fische etc.); andere Arten wie die oben erwähnten Würmer, bohren Schutzlöcher nicht nur in den Korallenfels, sondern, wie erwähnt, selbst in härteres Gestein; aus den Löchern ergreifen sie ihre Nahrung durch um die Mundöffnung angeordnete Tentakel. Genaue Untersuchungen, wie diese Riffzerstörer arbeiten und in welchem Umfange dies geschieht, welcher Art die Absonderungen sind usw. stehen noch aus.

Wenn auch die Bestimmungen der (dolomitisierten) älteren Korallen, Foraminiferen, Algen usw. selbst auf der einen Insel, Nauru, noch zu keinem Abschluß gelangt ist, so kann ich doch schon jetzt mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß die oberen Schichten des Inselfossils Nauru, also die Phosphate und Dolomite, dem Tertiär angehören. Reichliches Untersuchungsmaterial ist übrigens dem mineralogischem Institut der Universität Giessen von mir überwiesen worden, das Interessenten zur Bearbeitung von einschlägigen Arbeiten zur Verfügung steht (auch eine gute Sammlung anderer Phosphate ist vorhanden); ferner sind Sammlungen von Nauru-Phosphaten, Dolomiten etc. für folgende Institute, von mir geordnet, übergeben worden: Senckenberg'sches Museum, Frankfurt a. M., Geologisch-mineralogisches Institut des Friedrichs-Polytechnicums, Coethen, Verein deutscher Düngerfabrikanten, Hamburg-Horn. Das Hamburger Museum besitzt übrigens eine gute, von Dr. Hambruch gestiftete Sammlung von Nauru-Phosphaten. Ich bemerke noch, daß große, im Nauru-Phosphat in 4 m Tiefe gefundene (wahrscheinlich Säugetier) Knochen, sowie einige große Haifischzähne — Arten noch unbestimmt — im Giessener Institut vorhanden sind; merkwürdigerweise sind solche wohlerhaltenen Reste in diesen Phosphaten sehr selten, während sie in nordafrikanischen und Florida-Pebble-Phosphaten oft vorkommen.

---

[1]) Die große Härte des Dolomits, etwa 4, steht wohl der bohrenden, reinmechanischen Zerkleinerung durch die Würmer entgegen.

IV. Kapitel.

Rezente Phosphatbildungen der Inseln des Stillen Ozeans.[1]

Die bisher besprochenen Südseephosphate, den Inseln Nauru, Ocean-Island, Anganr nnd Makatea angehörend, charakterisieren sich zunächst dadurch, daß sie zweifellos größeren Alters sind und daß ihnen, was ihre chemische Zusammensetzung betrifft, eine Apatitartige Formel zukommt, d. h. daß sie über den dreibasisch phosphorsauren Kalk noch weiteren $Ca\,O$, oder $Ca\,(OH)_2$ $\frac{\text{oder}}{\text{und}}$ $Ca\,Fl_2$ enthalten. Es ist auch auffallend, daß der gehobene Teil dieser Inseln nicht mehr aus unveränderter Korallensubstanz oder aus Calcit besteht, sondern daß auf Nauru und Ocean-Island, soweit bis jetzt nachweisbar, das gesamte Inselfossil stark dolomitisierter Korallenkalk ist (s. Analysen), und daß auf Angaur und Makatea, wenn vielleicht nicht alle ältere Koralle, so doch ein großer Teil, in Dolomit übergeführt ist. Eine analoge Erscheinung bietet die bekannte Phosphatinsel Christmas-Island bei Java dar: auch auf dieser Insel (jüngstes Tertiär) finden sich Dolomite in bedeutender Menge. Da die gehobenen Dolomitinseln fast ausnahmslos nur gute bis hochwertige Phosphate beherbergen, so möchte man Beziehungen der Dolomitisierung und der sich der Vollkommenheit nähernden Phosphatisierung annehmen, wie ich bereits erwähnt habe.

Die in Nachstehendem beschriebenen Inseln enthalten meist alle Zwischenstufen von dem Korallenkalk bis zu hochgradigen Phosphaten; aber es mag schon jetzt festgestellt sein, daß dieselben meist nicht mehr $Ca\,O$ enthalten, als der Formel $Ca_3\,P_2\,O_8$ (und dem Carbonat) entspricht, daß ferner der Fluorgehalt ein geringer und oft nur in Spuren vorhanden ist, und daß diese Phosphate sogar oftmals weniger Kalk, als oben angegeben, enthalten, so daß ein Teil der Phosphorsäure als zweibasisch phosphorsaurer Kalk vorkommt. Zuweilen haben einige dieser Phosphate erhebliche Mengen Eisenoxyd und Tonerde aufgenommen, wo sich der

[1] Tafel XI.

Einfluß von entsprechenden Gesteinsarten geltend machte; es sind sogar Infiltrationen von Guanobestandteilen in Tonerde-Silikate bekannt, die zur Bildung von Aluminiumphosphaten führten (s. weiter unten).

Viele Inseln sind von den Guanophosphatgesellschaften verlassen worden; sie werden jetzt teilweise zur Kopragewinnung mit Kokospalmen bepflanzt.

An dieser Stelle möchte ich noch auf die Möglichkeit einer Anreicherung von Koralle mit Phosphat, Eisenoxyd, Tonerde usw. aufmerksam machen, die neben einer Einwirkung von Guanobestandteilen auf unterliegenden kohlensauren Kalk dadurch erfolgen kann, daß der verhältnismäßig leicht auflösbare kohlensaure Kalk teilweise durch Sickerwässer soweit entfernt wird, daß die unlöslicheren Bestandteile sich in dem rückständigen Material ansammelten. Dergleichen Erscheinungen sind mit Sicherheit in Westindien vorgekommen, aber auch in der Südsee wird zweifellos die Weglösung des kohlensauren Kalkes neben anderen die Phosphatisierung bewirkenden Faktoren zur Bildung von Phosphat beigetragen haben. Manche unreineren Phosphate, d. h. die Eisenoxyd- und Tonerde-Phosphat, Kieselsäure etc. in erheblichen Mengen enthaltenden Phosphate sind teilweise wohl auf dieses Entfernen des kohlensauren Kalkes zurückzuführen; enthalten doch z. B. die Karolineninseln, d. h. das Aragonitische Riff, dann der Korallensand, fast sämtlich mehr phosphorsauren Kalk (3—6 % $Ca_3 P_2 O_8$) als die junge, wachsende Koralle. Nun mag vielleicht dabei ein Teil der Phosphorsäure aus Vogelexkrementen stammen; doch ist zweifellos ein erheblicher Teil des kohlensauren Kalkes fortgelöst und verloren worden.

Durch dieses Weglösen des kohlensauren Kalkes können sich Phosphate, d. h. die Rückstände des Auslaugeprozesses mit ziemlich hohem Phosphorsäuregehalt bilden, die aber, da die Verunreinigungen so gut wie unlöslich sind, stark mit unerwünschten Stoffen durchsetzt sind. Dabei muß natürlich berücksichtigt werden, daß — zumal in der Nähe von Silicatgesteinen — die Korallen neben im Wasser gelöster Phosphorsäure auch Eisenoxyd, Tonerde, Kieselsäure etc., aufnehmen können, wie oben bereits bemerkt wurde.

Bei Bildung eines mehr als 1 % Eisenoxyd und Tonerde enthaltenden Inselphosphats liegt daher die Wahrscheinlichkeit der Mitwirkung verschiedener Faktoren vor, wodurch die verschiedenartigsten Produkte erzeugt wurden, d. h. es traten in Wirkung: Phosphatisierung durch Exkrementlösungen, Aufnahme von Eisenoxyd, Tonerde etc. aus wässriger Lösung oder Infiltration von Phosphat in Ton, Auslaugung von Carbonat etc.

Nehmen wir, um den Auslösungsvorgang des kohlensauren Kalkes zu demonstrieren, die Analyse »Korallensand von Flachland auf Nauru« an, so würde, wenn nur die Karbonate weggelöst würden, sich folgendes Endprodukt schließlich entwickeln:

Korallensand.

In natürlichem Zustande:		Entspr. auf Trockensubstanz:	
H_2O	= 14,70 %	$Ca_3P_2O_8$	= 4,80 %
$Ca_3P_2O_8$	= 4,10 %	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,34 %
MgO als Carbonat	= 1,53 %	andere Substanzen, SiO_2, Fl, Organ. Alkalisalze etc.	= 0,70 %
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,29 %	Rest Carbonate.	

Nach dem Weglösen der Carbonate würde theoretisch sich folgender Rückstand ergeben:

Auf Trockensubstanz: 82,19 % $Ca_3P_2O_8$
5,82 % $Al_2O_3 + Fe_2O_3$
11,99 % andere Verunreinigungen.

Nun ist es ja selbstverständlich, daß sich in dieser Weise der Vorgang nicht hat vollziehen können; diese Rechnung sollte auch nur ein Demonstrationsbeispiel sein. Vielmehr werden sich nicht nur Carbonate lösen, sondern anch andere Körper, andererseits würden Carbonate zweifellos in der Substanz zurückbleiben.

Es sollte nur erklärt werden, wie sich Eisenoxyd und Tonerde durch das Verschwinden des kohlensauren Kalkes in Phosphaten, die aus Korallen entstanden sind, so anreichern kann, daß trotz des hohen Gehalts an dreibasisch phosphorsauren Kalk das Phosphat eine für den europäischen Markt unerwünschte Zusammensetzung bekommt (z. B. hoher R_2O_3-Gehalt).

Schon 1866 fand Warrington (Journ. Chem. Soc. 1866), daß durch Eisenoxyd- und Tonerdehydrat die Lösungen des Calciumphosphats in kohlensäurehaltigem Wasser zersetzt werden. Diese Reaktion gibt nns die Erklärung für die Bildnng von Eisen- und Tonerdephosphaten. Es sei z. B. an das Vorkommen des Vivianits ($Fe_3P_2O_8 + 8 H_2O$) erinnert, der sich in Tonen bildet; in Mischungen von viel Tonerdeverbindungen selbst mit wenig Eisensalzen scheint doch die Phosphorsäure zur Bildung eisenreicheren Phosphats zu neigen. Von Tonerdephosphaten sind der Wavellit, Kallait und der Türkis die bekanntesten; und man hat sogar Wavellit zur Phosphorsäuregewinnung benutzt. Das Redondaphosphat (Westindien) ist z.B. ein sehr tonerdereiches Phosphat. Die meisten der Eisenoxyd- und Tonerdephosphate sind wasserhaltig, z. B. der Variscit ($Al PO_4 + 2 H_2O$), und der Barrandit (Al Fe) PO + 2 H_2O. Die Möglichkeit ist vorhanden, daß in Zersetzung begriffene organische stickstoffhaltige phosphatische Substanzen (Knochen usw.) lösliche Phosphate ergeben, d. h. 1. durch Bildung von phosphorsaurem Ammoniak, 2. durch Nitrifikation, d. h. Salpetersäure resp. Kalknitratbildnng, wobei

dem Phosphat und Carbonat ein Teil des Kalkes entzogen wird; die löslichen Phosphate wirken dann weiter, wie bei der Bildung von Nauru beschrieben, auf Carbonate oder aber auf Silikate, Tone usw., ein.

Die eisenoxyd- und tonerdereichen Kalkphosphate sind im Preise entweder tiefstehend oder selbst, bei höherem R_2O_3 Gehalt, unverkäuflich für den Weltmarkt. Wohl aber lassen sich solche Phosphate, die ganz oder nahezu ganz aus phosphorsaurem Eisen und phosphorsaurer Tonerde bestehen und wenig oder kein Calciumphosphat enthalten, in brauchbare Fabrikate umwandeln.

In Nachstehendem soll nunmehr zu einer kurzen Beschreibung der hauptsächlichsten Inseln und der darauf lagernden Phosphate übergegangen werden; da auf vielen Südseeinseln Phosphate gefunden, diese aber oft genug in Quantität oder Qualität nicht lohnend waren, so mögen vielleicht einige unwichtige ausgelassen worden sein.

Der Typ »Baker Guano« oder richtiger Baker Phosphat ist charakteristisch dafür, daß neben $Ca_3P_2O_8$ verhältnismäßig viel $CaHPO_4$ enthalten ist. Zu denjenigen Inseln, die Phosphate dieses Typs produzieren oder produzierten, gehören außer Baker Island: Malden, Enderburg, Surprise, Jarvis, Phönix u. a., ungefähr im äquatorialen Teil des Pacific. Auf den meisten dieser Inseln wird z. Z. nicht gearbeitet; auf Malden wird jetzt noch eine 50—65%ige Ware miniert; der größte Teil oder die Gesamtproduktion geht nach Australien und Neuseeland, wo das Phosphat einfach gemahlen und direkt zur Anwendung als Düngemittel gelangt.[1]) Des in dem Phosphat enthaltenen kohlensauren Kalks wegen, der gewissermaßen mitbezahlt wird, erzielen diese rohen Düngemittel immer noch einen verhältnismäßig hohen Preis; zum Aufschließen mit Schwefelsäure eignen sich die niedrigprozentigen Inselphosphate wohl nicht mehr, da sie arge Säurefresser sind. Der Preis, den sie in einfach gemahlenem Zustande in Australien erzielen, ist hoch genug, um der Frage der Superphosphatfabrikation wenigstens aus Materialien unter 62—65 % $Ca_3P_2O_8$ ein Ende zu setzen. Enthalten diese Phosphate an Stelle des kohlensauren Kalks erhebliche Mengen Eisenoxyd, Tonerde, Silikate und andere wertlose und schädliche Stoffe, so sind sie nicht gesucht, es scheint, daß das Phosphatunternehmen auf Walpole (französ. Besitzung in Neu-Kaledonien) aus diesem Grunde ein Fehlschlag war; allerdings liegt die Möglichkeit einer unsachverständigen Handhabung der Prospektierung der Insel und eine ungenügende Geschäfts- und Fachkenntnis der beteiligten Kreise vor.

---

[1]) Solche gemahlenen Rohphosphate sind durchaus kein vollkommener Ersatz für das wasserlösliche Phosphorsäure enthaltende Superphosphat; die Form, in der die Phosphorsäure in den Phosphaten vorkommt, bestimmt den Wert derselben als direktes Düngemittel. Sie sind u. a. ausgezeichnete Neutralisierungsmittel für saure Böden.

Baker-Island.

Baker-Island liegt einige Minuten nördlich vom Aequator und 176° 23′ 30″ westlicher Länge. Bei einer Länge von etwa $1^3/_4$ km und einer Breite von 1100 m ist die Insel nur etwa 6 m hoch. Bäume gibt es, oder gab es wenigstens früher nicht; die Insel ist mit niedrigem Gestrüpp bewachsen. Die wenigen Häuser kommen jedoch schon in einer Entfernung von 8—10 Seemeilen von See aus in Sicht.

Kapitän Henne von der Bark »Papa« beschrieb das Laden des Phosphats auf Baker-Island wie folgt: Das Laden geht unter günstigen Witterungsverhältnissen rasch vonstatten. Der Guano (phosphatischer Guano ist damit gemeint. D. Verf.) wird in Säcken von 25—30 kg Gewicht mittelst Boote von 2 Tonnen Tragfähigkeit an Bord gebracht. Jedes Boot hat eine Besatzung von 3 Leuten, welche die gefüllten Säcke auf die Stelling werfen, für welche Dienstleistung 5 Cents die Tonne zu zahlen sind. Hierauf müssen die Säcke direkt an Deck genommen, aufgemacht, ausgeschüttet und in Bündeln zusammengerollt an das Land zurückgesandt werden. Das Aufmachen und Ausschütten der Säcke nimmt die meiste Zeit in Anspruch. Der fürchterliche Staub, der beim Laden entsteht, verursacht unter der Mannschaft vielfach Diarrhöe, welche indes gewöhnlich nach Verlauf von zwei Tagen wieder vorübergeht.

Die Insel ist von einem bis über 150 m breiten Strandriff umgeben.

Baker-Island ist der Schauplatz eines reichen Vogellebens; ungezählte Mengen von Möven, Cormoranen, Tölpeln, Tauchern, Fregattvögeln bevölkern die Insel, deren Brutplatz sie ist.

Der Stickstoff des Phosphats ist bis auf durchschnittlich $^1/_2$ % verschwunden; Regen und Brandung lösten teilweise ihn auf resp. sorgten für seine Zersetzung zu Ammoniak resp. Nitraten, die, leichtlöslich, schnell versickerten. Nur hin und wieder findet sich etwas Ammonium-Magnesiumphosphat in Form weißer Kristallkörner vor.

Wie auf manchen andern Phosphatinseln, gedeiht hier der Portulack; man kann denselben als eine Leitpflanze für Phosphate ansehen.

Neben einer braunen Varietät Phosphat kommt eine, die Korallenstruktur gut zeigende Varietät vor; bei dickeren Korallenstämmen ist vielfach die Phosphatisierung unvollständig geblieben, so daß ein aus Aragonit bestehender Kern vorhanden ist.

Es gab einmal eine Zeit, wo das Baker-Island-Phosphat (damals Baker-Guano genannt) für die europäische Düngerindustrie von großer Bedeutung war; Baker- und Jarvis-Phosphate waren diejenigen Phosphate, die nach dem Ohlendorff'schen Vorgehen, Guanos mit Schwefelsäure zu behandeln, zuerst in großem Maßstabe zu Superphosphat verarbeitet wurden, da die erwartete Wirkung des einfach gemahlenen Phosphats als Düngemittel sich, zumal in kälteren Klimaten, zu langsam und nur ungenügend zeigte.

Soweit Verf. informiert ist, wird kein Phosphat von Baker-Island mehr verschifft, da die irgendwie verwendbaren Ablagerungen abgebant sind. Das Phosphat kam meist als eine feinpulverige braune Masse in den Handel, die sich vorzüglich zu Superphosphat aufschloß.

Analysen:	I	II
Wasser und organ. Subst.	6,15 % (mit 0,22 % N)	9,10 % (mit 0,09 % N)
Dreibas. phosphors. Kalk	76,19 %	66,92 %
Zweibas. phosphors. Kalk	4,10 %	5,10 %
phosphors. Magnesia	2,28 %	2,13 %
salpetersaurer Kalk	0,30 %	0,32 %
schwefelsaurer Kalk	1,60 %	6,20 %
Chlorkalium u. Chlornatrium	0,30 %	0,52 %
phosph. Eisenoxyd u. Touerde	1,63 %	0,90 %
Fluorcalcium	0,93 %	0,60 %
unlösliches und SiO_2	1,60 %	0,32 %
kohlensaurer Kalk	4,20 %	8,03 %

Liebig untersuchte den Baker-Guano und fand darin:

Phosphorsäure	40,27
Magnesia	2,20
Eisenoxyd und Tonerde	0,12
Kalk	43,38
Schwefelsäure	0,94
Chlor	0,13
Kali	0,17
Natron	0,67
Ammoniak	0,07
Salzsäure (Cl als HCl)	0,45
Stickstoff	0,86
Organisches	6,89

Howland-Island.

Howland-Island, ein Atoll, zeigt im allgemeinen die ähnlichen Ablagerungen wie Baker-Island. Vermutlich ist das dort gewonnene Phosphat mit unter dem Namen Baker-Guano in den Handel gelangt. Die Ankerverhältnisse scheinen bei dieser Insel günstiger gewesen zu sein als bei den meisten übrigen pacifischen Atollen.

Auf Howland-Island finden sich Reste alter Bauten, die vermutlich vor langer Zeit von einem untergegangenen Volksstamm errichtet wurden. Howland liegt unter 0° 49′ nördlicher Breite und 176° 42′ westlicher Länge und ist ca. 6 m hoch, 2 Seemeilen lang und 1/3 Seemeile breit. Baker- und Howland-Island rechnet man, obgleich sie ziemlich abgelegen, der Einfachheit halber meist zu den

Phönix-Inseln,
die mit den genannten Eilanden 10 Inseln bilden. Die innerhalb des zweiten und fünften Grades südlicher Breite und 170—177° westlicher Länge liegende Gruppe der Phönix-Inseln ist für lange Zeit die Stelle der Minierung wertvoller Phosphatablagerungen gewesen. Es ist nicht notwendig, die sämtlichen dieser Inseln zu besprechen, da sich fast alles für eine Insel gültige auch Anwendung für die anderen findet. Die Literatur über diese Phosphatquellen ist eine dürftige, da es naturgemäß nicht im Interesse der beteiligten Kreise lag, die Aufmerksamkeit der Außenstehenden auf dieselben zu lenken. Nach Auffindung Ocean-Islands hatten dann diese Inseln meist nur noch historisches Interesse.

Kapitän Sohst berichtete in den Annal. d. Hydrgr. (1878) über **Enderbury,** daß auf derselben der Guano schon 1846 entdeckt wurde, daß man aber erst 1870 mit der Ausbeute begann. Im Abstand einiger Schiffslängen sind bereits 3660 m und 4 Seemeilen nach Ost und 3½ Seemeilen nach West sind 4570 m Wassertiefe gelotet. Das Riff fällt also sehr steil ab.

Es führte eine Verladebrücke über das Riff; eine Schiffslänge davon ist oder befand sich eine Festmacherboje; diese ist oder war außerhalb des Riffs verankert und gleichzeitig mittels einer Kette am Lande festgemacht. Bei östlichem Winde ist keine Gefahr für die Schiffe, aufs Land getrieben zu werden.

Das Einnehmen der Ladung ging rasch von statten; das Phosphat wurde in Säcken, die an Bord ausgeschüttet werden, in Leichtern längsseit des Schiffes gebracht; bei günstigem Wetter konnten 100—150 Tons geladen werden. Diese Zahlen gibt Verfasser, um einen Vergleich mit Nauru, zum Beispiel, ziehen zu können, wo bei gutem Wetter über 1300 Tons in 9stündiger Schicht vom Phosphatspeicher bis an Bord gebracht wurden.

Es wurde derzeit nur in meist kleinen Segelschiffen verladen.

Die Formation ist, wie die der übrigen der Gruppe, Koralle; auch der Sand besteht daraus. Es befindet sich auf der Insel eine Lagune mit stark salzhaltigem Wasser. Das Guanophosphat liegt bis zu 0,3 m Mächtigkeit; die besten Qualitäten von ca. 80% $Ca_3 P_2 O_8$ sind längst verschifft; doch wird wahrscheinlich noch viel ca. 50%ige Ware auf den Inseln vorhanden sein. Im Jahre 1876 wurde die Insel durch die Phönix Guano Co. durch 4 Weiße und 55 Hawaii-Leute bearbeitet; die Verproviantierung geschah durch einen Schoner, der jährlich viermal nach Honolulu fuhr.

Die Insel ist der Brutplatz vieler Seevögel; von Ratten wimmelt es. Es ist auffallend, daß diese Tiere hier ohne Süßwasser leben können.

Enderbury liegt 3° 8′ 30″ südl. Breite und 171° 10′ westl. Länge.

Sydney-Island, 4° 27′ südl. Breite und 171° 15′ W. gelegen, ist ein Korallenriff mit ringsgeschlossener Lagune. Das Atoll ist 2 Seemeilen lang und 1³/₄ Meilen breit bei einer Höhe von 6—6¹/₂ Metern. Die Guanowerke sind geschlossen. 1907 war die Insel von 13 Einwohnern, die sich mit der Kopragewinnung befaßten, besiedelt.

Phönix, 3° 42′ südl. Breite, 170° 43′ westl. Lg. ist von keinem praktischen Interesse; Gardner-Island hat Kokospalmen-Plantagen; die übrigen Inseln der Gruppe: Mc Kean, Mary (oder Swallow) diese mit Ruinen, wie sie sich auf Howland finden; Birney, Hull seien nur hier erwähnt.

Die Gruppe wurde 1823 entdeckt und von den Engländern endgültig 1892 annektiert.

Central-Polynesische Sporaden.

Diese zwischen dem 150 und 165sten Grade westl. Länge nnd von ca. 6° nördl. Breite bis 10° südl. Breiten liegenden Inseln sind ebenfalls, wie die vorhergenannte Gruppe zur Gewinnung von Phosphaten gebraucht worden, ja es wird die Minierung desselben noch in neuerer Zeit fortgesetzt.

Diese Inseln haben noch insofern ein besonderes Interesse, weil sie teilweise Hebungserscheinungen zu zeigen scheinen, also gewissermaßen zwischen den niedrigen Inseln und den gehobenen Inseln (wie etwa Nauru) zu stehen scheinen, selbst wenn die Höhe oftmals nicht einmal diejenige mancher nur durch Anschwemmung von Corallendébris erhöhter Atolle erreicht; die Hebung karakterisiert sich durch andere Anzeichen.

Malden-Island, nnter 4° 3′ südl. Breite, 155° 1′ westl. Länge gelegen, wird noch jetzt, wenn ich nicht irre, dnrch die Firma Grice, Sumner & Co. zur Phosphatgewinnung ausgebeutet. Wie auf den übrigen jüngeren Phosphat-Inseln des Pacific, so ist auch hier das beste Phosphat längst abgegraben worden. Malden ist eine etwa 10 m hohe Insel, flach und weist neben einigen kleineren Teichen eine größere Lagune im Innern auf, die durch unterirdische Risse und Spalten mit dem Ocean in Verbindung steht. Der Boden und die Wände der Lagune bestehen aus Gipsablagerungen und einem übelriechenden, schwefelwasserstoffhaltigen Schlamm, der entweder seine Entstehung der Rednktion des Gipses durch organische Snbstanzen verdankt, oder aber der Gips entsteht ans Oxydation des bei der Fäulnis des (schwefelhaltigen) Guanos entstehenden Schwefelwasserstoffes resp. Schwefelammons, unter Zutritt von kohlensanrem und phosphorsaurem Kalk durch Nitrification d. h. Oxydation des Schwefels zn Schwefelsäure. Die Ebbe und Flnt hat einen gewissen Einfluß auf den Wasserstand der Lagune, ähnlich wie auf Nauru. Es mag noch erwähnt werden, daß an und auf den niedrigen Koralleninseln mit wanderndem Sande (Dünenbildung und Anschwemmungen) zu rechnen ist; so wird auf Malden bei Südost-Wind und -Strom soviel Sand

der Verladebrücke vorgelagert, daß temporäre Verlängerungen angebaut werden müssen, die dann bei veränderter Windrichtung und Verschwinden des angeschwemmten und angewehten Sandes rechtzeitig wieder entfernt werden.

Da die Entfernung von den Abbaufeldern zum Verladeplatz ziemlich bedeutend ist, so wird das Phosphat, in Säcke gepackt, auf mit großen Segeln versehene Wagen gebracht und zur Verladebrücke befördert. Das meiste und beste Phosphat liegt oder lag im Nordosten an der inneren Seite des Höhenrandes.

Malden-Island-Phosphat hatte ehemals einen guten Ruf in der europäischen Kunstdünger-Industrie.

Die Beschaffenheit der Insel deutet auf eine Hebung derselben hin; die Ufer fallen steil zur See ab.

Analyse von Malden-Phosphat.

Frühere Qualität:	Jetzige Qualität (nach Australien exportiert):
78,30 % Phosphors. Kalk	66,10 % Phosphors. Kalk
5,32 % Kohlens. Kalk	9,10 % Kohlens. Kalk
0,32 % Fluor	
2,40 % Schwefels. Kalk	

Starbuck-, Christmas-, Fanning-, Flint-, Jarvis-Inseln und eine Anzahl anderer Eilande mögen noch Erwähnung finden und zusammen besprochen werden; auf den meisten derselben wird wohl selten oder überhaupt nicht mehr Guanophosphat gegraben. Es ist dies in der Tat bedauerlich und wäre es sicher ein wirtschaftlicher Verlust, wenn es nicht gelingen sollte, ein so wichtiges Pflanzennährmittel, wie es noch dort in großen Mengen, wenn auch in einer z. Zt. jetzt nicht brauchbaren Form, vorkommt, wieder in einer nutzbringenden Weise zu verwerten.

Auch Starbuck ist, wie Malden, ein Atoll, anscheinend gehoben; die Höhe beträgt ebenfalls ca. 10 m. Die Insel war, wenigstens soweit sich dies nachweisen läßt, nie dauernd bewohnt, abgesehen von den Angestellten und Arbeitern der Phosphat- und Guano-Gesellschaft. Starbuck liegt unter 5° 57′ südl. Breite und 155° 56′ westl. Länge, ist 5½ Meilen breit und 2 Meilen lang; es wurde 1825 entdeckt und ist seit 1866 englischer Besitz.

Die größte dieser Inseln ist Christmas Island, Weihnachtsinsel, nicht zu verwechseln mit der gleichnamigen Phosphatinsel bei Java. Das Riff um Christmas fällt nicht steil zum Meere ab; es sind viele Schiffbrüche dort vorgekommen. Süßwasser scheint nicht vorhanden zu sein; ungeheure Vogelschwärme beleben die Insel. Ein ödes Land, ist der Boden stark mit Salzen durchtränkt, die sogar in den Saft der Kokosnüsse übergehen. Der Guano und das Phosphat sollen stark verunreinigt gewesen sein. Christmas Island ist 607 Quadratkilometer groß.

Fanning Island, jetzt Kabelstation, gehörte früher der amerikanischen Familie Greig. Sie ist eine verhältnismäßig fruchtbare Insel, die viel Kokospalmen trägt; es ist auch Trinkwasser in flachgegrabenen Löchern zu finden. In der Nähe der Ansiedlung der jetzt wohl nicht mehr arbeitenden Phosphatgesellschaft ankern die Schiffe bei 27—36 m Tiefe; der Ankergrund ist ungleich und besteht aus Koralle.

Die Insel liegt unter 3° 51′ nördl. Breite und 159° 22′ westl. Länge. Ein Atoll darstellend, das eine flache Lagune mit einer Passage umfaßt, ist die Insel nur ca. 1 Meter hoch, abgesehen von dem Débris-Wall an der Außenküste, der 10 Fuß hoch aufgeworfen ist. Fanning ist 9½ Meilen lang und 4 Meilen breit. Das hier gewonnene Phosphat war von geringer Qualität. Washington (4° 43′ nördl. Breite, 160° 25′ westl. Länge enthält nur geringwertigen phosphatischen Guano, der meines Wissens nicht bearbeitet wurde.

Flint Island, etwas südlicher als die übrigen Inseln der Gruppe gelegen (11° 25′ südl. Breite, 151° 48′ westl. Länge) wurde 1801 entdeckt. Die Insel ist 4 m hoch, 2½ Meilen lang, ½ Meile breit und von einem bei niedrigem Wasser trockenen Riff umgeben. Das Riff fällt steil zum Ocean ab. Im Innern sind 2 kleine Lagunen mit brackischem Wasser vorhanden. Die Firma Houlder, London, verschiffte von hier bis Ende der 70er Jahre Guanophosphat.

Jarvis liegt unter 0° 22′ nördl. Breite und etwa 160° westl. Länge und ist etwa 1¼ km breit und fast 1½ km lang. Auch auf Jarvis kommt viel Gips vor; die unterste Schicht eines Teils der Insel besteht fast aus diesem Material; die obere Schicht besteht fast nur aus (schwefelsauren Kalk enthaltendem) Phosphat; dazwischen liegt ein an organischer Substanz reiches Phosphat.

Das meiste Jarvisphosphat war ein fast schwarzes Pulver; die besten Qualitäten enthielten bei 70—78 % phosphorsauren Kalk bis zu 7 % Gips. Jetzt wird kein Phosphat mehr auf Jarvis gegraben.

Liebig analysierte früher Jarvis-Phosphat-Guano und fand (wahrscheinlich die mittlere Schicht der Clinkerablagerung):

Phosphorsäure	17,60
Magnesia	0,57
Eisenoxyd und Tonerde	0,16
Kalk	34,80
Schwefelsäure (als Gips)	27,00 (!)
Chlor	0,20
Kali	0,40
Natron	0,30
Ammoniak	0,04
Salzsäure (alles Cl als H Cl)	0,30
Stickstoff	0,50
Sonst. Organ.	5,40

Obgleich diese Analyse nicht alle Bestandteile angibt, so scheint es, daß ein großer Teil, vielleicht der größte, der Phosphorsäure, in Form von Bicalciumphosphat zugegen war; für lokale Verwendung in der Südsee dürfte sich dieses Material als Phosphatdünger wohl verwenden lassen, und zwar besonders auf Basaltinseln (Tonböden).

Es liegen mir in meinen Notizen noch Untersuchungsresultate anderer Analytiker vor, deren Namen mir leider entfallen sind:

hellfarben. Fanning-Phosphat	68—75 %	$Ca_3P_2O_8$
Baker Guano	70—80 %	do.
Browse (s. w. unten)	55—60 %	do.
Malden	70 %	do.
Sydney Island (braun, pulverig, viel Krusten)	74 %	do.

Die an der West- resp. Nord-West-Küste Australiens gelegenen Inseln wurden, soweit sie Phosphate und Guanos enthielten, ebenfalls zeitweilig ausgebeutet; auch jetzt geschieht dies, wie mir mitgeteilt wurde, noch hin und wieder für den Gebrauch in Westaustralien.

Browse-Island

ist nach Berichten von Kapt. Roggenburg und Kapt. Rohtbar eine kleine, kaum 1/4 Quadratmeile fassende unbewohnte Insel, etwa 3 m über dem Hochwasserstand. Gegenwärtig sind drei abgesonderte Teile der Insel kenntlich: ein Plateau, der dasselbe umgebende Strand und das Riff.

Die Bodenschicht, in welcher ein körnertragendes, doch besonders im Februar bis April wucherndes Kraut[1]) wächst, hat am Rande des Plateaus eine Schicht von 15 cm, in der Mitte etwa 50 cm Dicke und bestand aus verwitterten Korallen und verfaulter Vegetation; in derselben enthaltene Korallen waren durch Zerdrücken weich geworden. Unter dieser Bodenschicht liegt eine verschieden dicke Schicht sogenannter Steinguano, d. h. verwitterter Korallen mit Guanophosphat durchzogen; hierunter kam eine Schicht Guano, dann folgte wiederum Steinguano, dann Guano, bis man schließlich den Korallensand fand. Solche wechselnde Schichten findet man 3—6, von 8—40 cm Mächtigkeit; in der Mitte sind die Guanoschichten wahrscheinlich mächtiger als am Rand (wahrscheinlich war ehemals eine kleine, abgeschlossene Lagune auf der Insel vorhanden, die sich nach und nach anfüllte. Viele Seevögel brüten dort; ihre Eier sind wohlschmeckend. Das Riff ist bei Niedrigwasser stets trocken (wie z. B. auf Nauru); bei halber Gezeit und bei Hochwasser Nippzeit jedoch so wenig mit Wasser bedeckt, daß es schwer fällt, mit Booten das Riff zu passieren. Der Ankerplatz ist ca. 1/4 Seemeile vom Riff entfernt; Ankergrund ist bei etwa 25 m Tiefe; der Rand des Riffs läuft ziemlich gerade. An der Ostseite ragen die Felsblöcke auf dem Riff weniger hoch

[1]) Wahrscheinlich Portulack oder ein von den Kanaken Elima genanntes Kraut.

empor und sind an zwei nahe beieinander liegenden Stellen durchbrochen, so daß den Booten besseres An- und Abfahren ermöglicht werden kann. Im Südost-Monsum ist nach Capt. Rohtbar der beste Zeitpunkt Phosphat zu verschiffen.

Die Lacepède-Inseln.

Über diese Inseln berichten die Kapitäne Dudfield und Rode, daß die drei Inseln ungefähr in einer Linie liegen, dazu kommt noch eine Sandbank, die jedoch bei niedrigem Wasserstand mit der einen Insel verbunden ist. Mittel- und West-Eiland erheben sich ca. 3 m über Hochwasserniveau. Mittel-Eiland ist ca. 2½ Seemeilen lang, eine Seemeile breit und fällt nach Norden steiler ab als nach Süden.

Der Nordseite der Inseln sollte man sich nicht mehr als bis zu 1½, höchstens 1 Seemeile nähern; innerhalb 1½ Seemeilen ist der Ankergrund schlecht. Der beste Ankergrund ist nahe dem einzigen aus Stein gebauten Haus am N.-O.-Ende von Mittel-Eiland S. bis S. zu O. peilend, 1½ Seemeilen entfernt, Wassertiefe 9 m bei Niedrigwasser. An der Ostseite des Grundriffs sind Stromwirbel, die Segelschiffen gefährlich sind. N.-O.-Wind bringt hohe Dünung; es ist vorgekommen, daß die Inseln überschwemmt wurden, wie z. B. im Februar 1878 während eines Cyclons. Mitte März legen und brüten die Vögel; es kommen zur selben Zeit viele Schildkröten hierher, deren Fleisch ein willkommenes Nahrungsmittel für die Phosphatabgräber sind.

Der auf Mittel-Eiland gegrabene Guano wurde, solange ein regelrechter Betrieb auf den Lacepède-Inseln stattfand, in Säcke geschaufelt, in Karren, die auf Schienen laufen, bis ans Ufer befördert und dort in die Boote verladen.

Um die Boote auf der See zu halten, wurde eine Boje in einiger Entfernung vom Land verankert, von ihr brachte man ein Tau an Land und befestigte es dort um einen Stein; dieses Holtau wurde am Vorder- und Hinter-Ende des Bootes festgemacht.

Es mag noch Folgendes berichtet sein: 1878 hat Kapt. Caller von der »Sadie«, mit einer Ladung Phosphat von Browse Island kommend, eine Inselgruppe entdeckt, (nach seinem Schiffsjournal 27. Mai 1877) deren drei Eilande mit Guano dicht bedeckt waren, die auffallend viel Guano und Phosphat enthielten. Zwischen der O.- und N.-W.-Insel ist eine Durchfahrt durch das Riff, welche in eine Lagune führt, die einen sichern Hafen für Schiffe aller Größen liefert. Im Durchschnitt fünf Meter hoch, erheben sich die Inseln an einzelnen Stellen bis zu 9 Metern. Die Inseln (Sadie-Inseln) liegen zwischen 12° 8′ und 12° 25′ südl. Breite und gegen 123° östl. Länge.

Der Bericht Kapt. Callers ist sofern interessant, weil sich auf den Karten an dieser Stelle ein Riff (Ashmore-Riff) befindet.



Bild XIV.
Vogelleben auf einer Phosphat-Insel (rezenter phosphatischer Guano).
Laysan-Island (nordwestl. von den Hawaiischen Inseln.)

Laysan-Island.

Von den Inseln um die Hawaii-Gruppe, die Phosphate produzierten, ist als die bekannteste wohl Laysan-Island zu nennen. Die Insel liegt unter 25° 42′ nördl. Breite und 171° 44′ westl. Länge und ist etwa 2 Meilen lang und 1½ Meile breit bei einer Höhe von etwa 16½ Metern.

Die hochprozentigen Qualitäten enthielten bis zu 75, ja in kleineren Partien 80 % phosphorsauren Kalk (auf Trockensubstanz berechnet) und bis zu 1¼ % Stickstoff. Leider sind die über 60 % phosphorsauren Kalk haltenden Qualitäten jetzt vollständig ausgebeutet, so daß man jetzt auf der Insel nur noch die geringwertigen Sorten von 40—50 % $Ca_3 P_2 O_8$ (Rest fast ganz kohlensaurer Kalk und Organisches) findet.

Verfasser hat die hochgrädigen Qualitäten noch in einer Fabrik in Honolulu näher kennen gelernt: sie schlossen sich brillant auf. Jetzt hat die Phosphatgewinnung auf Laysan ganz aufgehört; sie war einstmals — vor ca. 15 Jahren die Ursache der Gründung eines größeren Unternehmens der Düngerindustrie in Honolulu und später auch noch in Californien; jetzt werden in diesen Fabriken Wyoning-Phosphat und Makatea-Phosphat verarbeitet.

Das Laysan-Island-Phosphat wurde in kleinen Schonern nach Honolulu gebracht. Große Vögelschwärme bevölkern die nur mit Gestrüpp bewachsene Insel.

Beim Graben eines Loches durch das Phosphat, (das meist als feiner phosphatisierter Korallensand, oder aber als ein weicher lockerer Phosphatsandstein in den niedrigen Graden, als ein hartes Konglomerat in höheren Gehalten vorkommt) und den Sand, bis auf die durch gelösten und wieder abgeschiedenen kohlensauren Kalk verkitteten weichen Korallensand- und Débrisschicht stieß, auf recht brauchbares süßes Wasser, wie es sich nur selten in solcher Qualität auf kleinen Koralleninseln vorfindet; muß doch sogar häufig das Trinkwasser auf solche Insel mitgebracht werden.

Auch Laysan-Island zeigt Spuren einer ehemaligen Lagune. Jetzt ist die Insel wohl von Menschen unbewohnt. Die auf ihr hausenden Seevögel sind den Menschen gegenüber oft von großer Dreistigkeit. (Bild XIV).

Auch auf einigen anderen in nordwestlicher Richtung der Hawaiischen Inseln liegenden Inseln kommt etwas Phosphat und Guano vor, allerdings in nicht nennenswerter Menge. Auf einer dieser kleinen Inseln soll, durch Infiltration von Guanobestandteilen in zersetzte Lava phosphorsaures Eisenoxyd und phosphoraure Tonerde vorhanden sein; Verfasser kennt dies Vorkommen nicht; doch ist die Möglichkeit wohl vorhanden.

Analysen besseren Produkts von Laysan-Island: 72—80 % Dreibas. phosph. Kalk 0,82 % N.

Geringe Ware, weiche Steine: 48,20 % $Ca_3 P_2 O_8$
38,00 % $Ca_3 P_2 O_8$
1,02 % N.

(Diese Analysen stammen von einzelnen Stücken, die dem Verfasser noch von der Verarbeitung dieser Phosphate zu Superphosphat in Honolulu übriggeblieben waren, repräsentieren also keine volle Schiffsladungen, kommen aber den Gehalten solcher nahe.)

Es mag noch bemerkt sein, daß diese Phosphate bei der Verarbeitung zu Superphosphat keiner Kondensation der Fluordämpfe benötigten; der Geruch des frischen Superphosphats in den Aufschließkammern war etwas süßlich. Das Superphosphat enthielt zwischen etwa 0,60—1,2 % wasserunlösliche Phosphorsäure.

Johnston-Island oder Cornwallis,

Lat. 16° 45′ nördl. Breite und 169° 32′ westl. Länge, gehört zu den Vereinigten Staaten, wurde 1807 von Kapitän Johnston vom Kriegsschiff Cornwallis entdeckt. Das Atoll enthält eine Insel und eine Sandbank; die Insel ist etwa ½ Meile lang. Von vielen Tausenden von Seevögeln bewohnt, ist der Grund und Boden mit ihren Eiern und Jungen bedeckt. Johnston Insel ist zirka 12 Meter hoch; die Phosphatabgrabungen sind eingestellt.

Die zu **Mexiko** gehörenden Inseln an der Westküste und im Meerbusen von Kalifornien liefern zweifellos noch immer gute Phosphate und auch Guanos.

Um die Halbinsel Niederkalifornien (Mexiko) lagern eine größere Anzahl kleiner Koralleninseln, von denen die bekannteste Raza im Golf ist. Die Phosphate sind teilweise recht hochgrädig und erreichen 80 % Tricalciumphosphat (alle $P_2 O_5$ als $Ca_3 P_2 O_8$) stellenweise sind sie jedoch niedriggrädiger.[1])

Es mag hier bemerkt werden, daß in allen diesen Phosphaten ein großer Teil der Phosphorsäure als Bicalciumphosphat und als Magnesiumphosphate vorhanden ist; besonders die hochgrädigen sparen deshalb beträchtlich an Aufschließsäure.

Das beste Phosphat, für welches Verfasser in einer südkalifornischen Fabrik eine Aufschließanlage einrichtete, enthielt in rohem Zustande etwa den dritten Teil, oft bis zur Hälfte, der Phosphorsäure in einer in Zitronensäure resp. Ammon-Citrat löslichen Form.

Früher wurde das Phosphat im unaufgeschlossenem Zustande den Mischdüngern beigefügt; obgleich in Amerika die Phosphorsäure in zitratlicher Form bezahlt wird (nicht als wasserlösliche, wie bei uns), so wurde natürlich mit dem Phosphat große Verschwendung getrieben.

[1]) Auf Geromino, an der Westküste Niderkaliforniens ist z. B. ein Teil des (teilweise) phosphatisierten Korallensandes sogar nur ca 10—30 %ig an $Ca_3 P_2 O_8$.

An dieser Stelle möge noch erwähnt sein, daß auf den von den Vögeln besuchten Inseln die Nester mit den in denselben enthaltenen Exkrementen während der trockenen Jahreszeit zusammengesucht und zu Guano verarbeitet wurden; es wurden z. T. sehr gute Produkte erzielt. Die Schwierigkeit der Vermahlung solcher frischer Guano wurde durch die Anwendung von Desintegratoren überwunden.

Clipperton-Insel

wird politisch ebenfalls zu Mexico gerechnet; so viel Verfasser bekannt, hat die Pacific-Phosphate Co., London, die Option zur Gewinnung des Phosphats; es wird jedoch, vermutlich der schlechten Witterungs- und Strömungsverhältnisse wegen dort z. Z. nicht gearbeitet. Nach allem, was verlautet, scheint sich noch ziemlich viel (d. h. wohlverstanden hält die Insel keine Vergleiche etwa mit Nauru aus) Phosphat auf Clipperton zu befinden. Clipperton-Phosphat wurde s. Z. durch T. G. Gleichman (wenn ich nicht irre) nach Hamburg gebracht.

Dr. Gilbert, Hamburg, veröffentlichte (Chem.-Ztg. 1896) folgende Analyse des Clipperton-Phosphats:

Feuchtigkeit	3,80
Dreibas. phosphors. Kalk	78,09
Phosphors. Magnesia	0,55
Kohlens. Kalk	6,73
Schwefels. Kalk	0,78
Kochsalz	0,15
Kieselsäure	0,28
Organ. Substanzen	4,83
Eisenoxyd und Tonerde	0,04

Dr. Gilbert gibt außerdem noch 2,84 % Kalk (mehr als den übrigen Kalkverbindungen entspricht) an; es ist zweifellos, daß dasselbe als angegliedertes Ca O (oder Ca $[OH]_2$) an den dreibasisch phosphors. Kalk (also wohl als 3 $Ca_3 P_2 O_8$ + Ca O vorhanden).

In einer Honolulu-Fabrik fand Verfasser vorhandenes Clipperton-Phosphat als teilweise weiches, kreideartiges Material vor, teilweise bestand es aus gelblich-grauem groben Pulver; auch gibt es ziemlich harte Felsen. Die Qualitäten variierten immerhin, soweit erinnerlich, zwischen 65 und 80 %. Besucht hat Verfasser diese Insel nicht.

Clipperton bietet anderweitig ein besonderes Interesse: J. J. H. Teal beschrieb 1897 einen phosphatisierten Trachit von Clipperton-Island. Die Insel (die unter 10° 17′ nördlicher Breite und 109° 13′ westlicher Länge gelegen) enthält eine Lagune von 2 Seemeilen Länge bei ziemlicher Tiefe (20 Faden und mehr). Auf dem Atoll erhebt sich an einer Stelle ein

ehemaliger Trachitfelsen in Höhe von 60 Fuß, mit großen, porphyrartigen Sanidinkrystallen und kleinen Feldspatkrystallen; das Material ist durch einen Zement zusammengekittet.

Guanobestandteile sind in den Fels eingedrungen und haben denselben schließlich in wasserhaltiges Tonerdephosphat verändert.

Teall gibt mehrere Analysen:

	I	II
SiO_2	54,0 %	2,8 % lösl. SiO_2 + 2,20 unlösl.
P_2O_5	8,4 %	38,5 %
Al_2O_3	17,9 %	29,9 %
Fe_2O_3	4,4 %	7,4 %
CaO	1,4 %	
K_2O	4,5 %	
Na_2O	5,0 %	
Glühverlust	3,8 %	23,0 %

Nach Wharton soll Clipperton einer der seltenen Fälle einer auf einem Kraterrande aufgebauten Koralleninsel sein. Der letzte, noch den Ozean überragende Teil des Kraters ist der bisher den Angriff der Meereswogen trotzende genannte Fels.

Besonders Nr. II Analyse ist als ein wasserhaltiges Tonerdephosphat im wesentlichen anzusprechen.

Im Inselgebiete Neu-Guinea

sind ebenfalls Phosphate gefunden worden, doch sind dieselben Verfasser nicht bekannt. Es scheint auch, daß dieselben noch nicht näher erforscht worden sind; z. T. sind sie von Seiten der Deutschen Südseegesellschaft besucht worden. Alle in die Öffentlichkeit gedrungenen Angaben bieten keine Gewähr für deren Richtigkeit.

In der Nähe der französischen Kolonie

Neu-Caledonien und Loyalité-Inseln

ist an mehreren Stellen Phosphat entdeckt worden.

Surprise-Island enthält, in dem Korallensand eingebettet, einen weichen phosphatischen Sandstein in Form großer Blöcke. Ob dieser z. Zt. ausgebeutet wird, weiß Verfasser nicht. Diese Phosphate treten meist nicht zu Tage; das Suchen nach solchen Blöcken, die oft nur wenige Tons wiegen, oft aber große Dimensionen annehmen, geschieht in der Weise, daß mit schweren, spitzen Eisenstäben in den losen Sand gestoßen wird, wobei das Phosphat an dem Widerstand gegen das Eindringen des Stabes erkannt wird.

Walpole-Island enthält wie es scheint, viel 55—65 prozentiges Phosphat, ist aber eisenreich, wenigstens in den gesandten Proben. Wieviel höhergradige Phosphate sich auf Walpole befinden, weiß Verfasser nicht.

Neuseeland.

J. Park berichtete 1902 über Phosphate von Clarendon, Otago, Neu-Seeland, ca. 30 Meilen südlich von Dunedin.

In den dortigen Oamaru Kalksteinschichten befinden sich Erosionen in Form von 2—6 Fuß tiefen Taschen von $1^1/_2$—$3^1/_2$ Fuß Durchmesser. In diesen Taschen befindet sich das Phosphat, das sich jedoch über die zwischen diesen Taschen stehenden Kämmen in einer Mächtigkeit von 3—10 Fuß ausbreitet. Es scheint also das Lager einige Ähnlichkeit im Vorkommen mit Florida-Boulder-Phosphaten zu haben.

Man setzte einstmals große Hoffnungen auf dieses Vorkommen; jetzt hört man nichts mehr davon; vielleicht hat das Lager eine beschränkte lokale Bedeutung.

Auch die

Markus-Insel

war einstmals als von besonderem Wert für den Phosphatmarkt angesehen; es führten die Besitzansprüche vor mehreren Jahren sogar zu einer kleinen Differenz zwischen den Vereinigten Staaten und Japan. Die Vereinigten Staaten haben nunmehr die Insel annektiert.

Die Bonininseln sollen Phosphat enthalten; Analysen sind mir nicht bekannt. Jedenfalls scheinen, soweit sich beurteilen läßt, die letztgenannten Ablagerungen nicht viel wert zu sein, es müßte denn sein, daß sie noch nicht genügend untersucht worden sind.

Weitere phosphatische Bildungen.

Phosphatische Ablagerungen in der Südsee auf niedrigen Inseln gibt es wohl noch eine Anzahl; doch sind dieselben, soweit sie bekannt sind, von so geringer Bedeutung, daß wir sie nicht weiter einzeln zu berücksichtigen brauchen (so z. B. kommen Phosphate auf den Abrolhos vor).

Von Interesse ist es, zu verfolgen, wieweit auf den niedrigen Inseln die Koralle phosphatisiert wurde. In der Tat sind dort, im Vergleich mit den niedrigprozentigen Sorten, sehr hochprozentige (über 80—85 %) Phosphate recht selten. Dagegen sind manche Phosphate noch recht stickstoffhaltig; außerdem enthalten viele erhebliche Mengen an Dicalciumphosphat.

Der Boden vieler vulkanischer Inseln, wie z. B. Ponape, Kusaie etc., ist phosphorsäurearm und ebenso ist Kalk nur in äußerst geringen Mengen darin vertreten. Ich halte deshalb die Ausnutzung von solcheu teilweise stickstoffhaltigen Guanos und kohlensauren Kalk enthaltenden Phosphaten, die dann in größerer Menge als direktes Düngemittel verwandt werden

müßten, auf solchen zur sauren Beschaffenheit neigenden Bodenarten auf den den Fundorten benachbarten Inseln für zweckmäßig, da die Verschiffung regelrecht hergestellter künstlicher Düngemittel auf sehr hohe Frachten stößt, die die Pflanzer zurzeit noch von dem Bezug von Kunstdünger zurückschreckt. Der Kalk ist, abgesehen davon, daß er ein notwendiges Pflanzennährmittel ist, in der Lage, die mechanische Beschaffenheit des Bodens zu verbessern (Krümel- und Flockenbildung), er neutralisiert die freien Humussäuren, die schädlich sind und macht dadurch eine Assimilation des oft reichlich in sauren Böden vorhandenen Stickstoffes möglich, so daß durch Aufhebung der sauren Reaktion des Bodens die Nitrifikation einsetzen kann; erst der nitrifizierte Stickstoff (der also durch Fäulnis der organischen Substanz erst in Ammoniak und dann in salpetersaure Salze, hier Calciumnitrat, übergeführt worden ist), kann von den Pflanzen direkt aufgenommen werden. Gewiß sind Mischungen von Di- und Tricalciumphosphat nicht gerade ideale Phosphorsäureformen als Düngemittel, aber sie sind doch weit geeigneter zur direkten Düngung, als z. B. Florida- und Nauruphosphat usw., die Zugehörige der unlöslichen apatitartigen Gruppe $3\,Ca_3\,P_2\,O_8 + Ca\,O$ resp. $3\,Ca_3\,P_2\,O_8 + Ca\,Fl_2$ und ähnlicher Verbindungen, die nur eben Rohmaterialien der Superphosphatfabrikation sind. Kali wird in vielen den basaltischen und vulkanischen Inseln angehörigen Gruppen in genügender Menge vorhanden sein. Es deutet zweifellos folgendes Phänomen darauf hin, daß der Boden sauer ist, wenn in kleinen Tümpeln sich dünne, fast wie eine feine Ölschicht aussehende Häutchen bilden; solche Böden enthalten Eisenoxydulsalze in gelöster Form. In fast allen, vielleicht allen Fällen, wird die Analyse Mangel an Kalk in solchen Böden ergeben, und würden die Carbonat und Dicalciumphosphat enthaltenden Phosphate, selbst wenn sie niedriggrädig in $P_2\,O_5$ wären, von gutem Nutzen als Phosphat- und Kalkdünger sein. Diese rein agrikultur-chemischen Aufgaben hier weiter zu verfolgen, dürfte zu weit führen; es sei mit diesen Andeutungen getan.

Es mag nur noch erwähnt sein, daß manche dieser (noch organische Substanz enthaltenden) Phosphate immer noch etwas Oxalsäure enthalten;[1]) je mehr organische Substanz vorhanden, desto mehr Oxalsäure wird darin möglicherweise anwesend sein, letztere ist wertvoll für die Assimilierung der Phosphate durch die Pflanzen.

Ist bei der Bildung von Kalkphosphaten auf den Inseln die Anwesenheit von Korallengestein (Aragonit), Kalkstein (Calcit) oder Dolomit notwendig, so ist doch die Möglichkeit des Vorkommens von Eisenoxyd-

[1]) Das zwar nicht zur Südsee gehörige, wohl aber als Beispiel anführbare Phosphat der Insel Fernando de Norhona (Brasilien) enthält in den besten Qualitäten: Humus 0,20 %, Oxalsäure 0,70 %, Wasser 2,48 %, Unlösliches 0,11 %, Titansäure 0,17 %, Eisenoxyd und Tonerde 2,15 %, phosphorsaurer Kalk 86,53 %, kohlensaurer Kalk 5,61 %, schwefelsaurer Kalk 0,03 %, Fluorcalcium 0,22 %, Chlorcalcium 0,06 %.

und Tonerde-Phosphaten (wie etwa der phosphatisierte Trachit auf Clipperton) auf silikatischen Inseln sehr wohl vorhanden. Es scheint zwar, daß im allgemeinen die Seevögel die Koralleninseln als Brutplätze vorziehen, doch sind eine Menge solcher Wohn- und Versammlungsstätten von Seevögeln auf anderen Inseln sehr wohl bekannt. Man könnte einwenden, daß sich solche Phosphate nicht zu Superphosphaten aufschließen lassen; das stimmt natürlich. Aber andererseits würde durch eine Modifizierung des ehemaligen Dr. Pieper'schen Patentes: »Verwertung von billigen Eisen- und Tonerde-Phosphaten«, bei der eine künstliche Darrung umgangen werden kann, ein citratlösliches Phosphat erzielt werden können, was vielleicht für lokale Verhältnisse von großer Bedeutung sein würde.

Das solche Bildungen von Eisen- und Aluminiumphosphat in der Südsee sehr wohl möglich, ja wahrscheinlich sind (z. B. den Fidschi-Inseln, Neu-Guinea usw.), dafür ist Christmas-Island (bei Java) ein sehr charakteristisches Beispiel; jungtertiäre Korallen, die teilweise in Dolomit verwandelt sind, liegen auf einem Gestein, daß im Wesentlichen ein Aluminiumsilikat ist. Es kommen dort neben dem hochprozentigen Calciumphosphat (dem im Handel befindlichen 85—86 %igen Phosphat) große Mengen hochprozentigen Tonerdephosphats vor. Ein Verfahren zur Herstellung von in Zitrat löslicher Phosphorsäure dürfte auch in Amerika von Interesse sein, da dort die zitratlösliche (available) Phosphorsäure denselben Preis wie die wasserlösliche erzielt.

Verfasser möchte an dieser Stelle, zur Erklärung der Auslaugung von Phosphaten durch (wahrscheinlich kohlensäurehaltiges) Wasser, und die Bindung der saure Beschaffenheit aufweisenden Lösungsprodukte durch Eisenoxyd und Tonerde ein allerdings weder den Südseeinseln noch einer Guanoinsel überhaupt angehörendes Beispiel anführen.

In der Nähe von Bougie, einer Stadt im Departement Constantine in Algerien, gibt es ein Phosphat, welches sowohl Mono-, Bi- und Tricalcalciumphosphat des Kalks enthält. Es zeigt zwei Schichten, eine äußere, von weißer Farbe, zerreiblich, und eine innere, harte, rotgefärbte. Die Analyse (der Name des betr. Analytikers ist dem Verfasser leider entfallen) ergab folgende Zahlen:

	weiß	rot
Phosphorsäure, löslich in Wasser	13,29	2,03
» löslich in Ammonzitrat	8,51	12,39
» unlöslich in Wasser und Zitrat	11,70	—,—
Schwefelsäure	1,51	2,53
Eisenoxyd und Tonerde	4,33	16,35
Kalk	25,51	4,37
Magnesia	0,28	0,35

Es ist zu vermuten, daß diese Phosphate Auslaugeprodukte eines Phosphats darstellen, von denen das zweite anscheinend die Kontaktbildung eines Tonerde-Minerals mit der die saure Phosphatlösung (d. h. zum großen Teil Monocalciumphosphat) repräsentierenden weißen Schicht ist.

Ein ähnliches Phosphat, welches zweifellos durch Infiltration von Sickerwässern und Auslaugen phosphatischer Massen in der Höhle Tour Combes bei Oran (Algier) entstanden ist, zeigt folgende interessante Zusammensetzung: 35,17 % P_2O_5 (z. T. wasserlöslich), 18,18 % Al_2O_3, 5,80 % K_2O, 0,48 % Ammoniak, 0,31 % CaO, 13,40 % Wasser, 11,60 % Silikate.

Auch hier scheint die Bindung der Phosphorsäure durch ein anscheinend feldspatiges Gestein nur unvollständig zu sein.

Die Möglichkeit des Vorkommens solcher oder an Eisenoxyd und Tonerde reicherer Phosphate auf den vulkanischen Inseln der Südsee ist sicher vorhanden.

V. Kapitel.

Das Verhalten der Südsee- (bes. der Nauru- und Ocean-Island)-Phosphate in der Fabrik.

Vergleiche mit anderen Phosphaten.

Allgemeines. Es kann nicht der Zweck der vorliegenden Arbeit sein, ein ausführliches Lehrbuch der Vermahlung der Phosphate, der Herstellnng von Snperphosphaten und anderen Operationen im Superphosphatbetriebe zu schreiben. Auch auf Einzelheiten in der Konstruktion der Maschinen soll nicht eingegangen werden; es mnß vielmehr die Kenntnis der einschlägigen Maschinen: Phosphatmühlen, Mischmaschinen, Siebvorrichtungen, Aufschließerei, Trockner, Zerkleinerungsmaschinen für Superphosphat, wenigstens in den Grundzügen als vorhanden vorausgesetzt werden, auch dürfte eine längere Praxis in der Kunstdüngerfabrikation und das Studium der 3. Auflage der »Fabrikation des Superphosphats« von L. Schucht, des allerdings längst vergriffenen »Der Kunstdünger, seine Rohmaterialien, Fabrikation und Verwendung« Bd. 1—4 von C. Elschner, und der »Zerkleinerungsvorrichtungen« von Ingenieur Naske für das Verständnis des Nachstehenden von Vorteil sein.

Das jetzt nach Europa kommende Nauruphosphat, mit welchem wir beginnen wollen, bildet einen Kies von wenig Staub, wechselnden Mengen feinen Phosphatsandes, und, zum großen Teil, harten Körnern von etwa Linsengröße bis zu der eines Hühnereies, denen noch vereinzelte Stücke von größerem Umfang, meist Bruchteile von Phosphatfelsen und großen Klötzen beigemengt sind. Die Cargoes kommen hier mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 2—4 ½ % mechanisch beigemischtem Wassers an.

Zerkleinerung von Nauru- und Ocean-Island-Phosphaten. Den verschiedenen Brech- und Mahlvorrichtungen, die zum Zerkleinern der Phosphate dienen, liegen verschiedene Prinzipien zu Grunde. Teilweise sind sie von den alten Getreidemühlen übernommen und für den Hartmüllereibetrieb modifiziert worden, zum anderen Teil, und gerade die

modernen Maschinen gehören hierzu, sind Maschinen im Gebrauch, die ausschließlich der Vermahlung härterer Stoffe, wie Zementklinker, Silikatgesteine und Phosphate, dienen, und deren Konstruktion ihren Ursprung in der Berücksichtigung der Eigenschaften der Hartmaterialien hat.

Bei allen Zerkleinerungsmühlen muß in erster Linie dafür gesorgt werden, daß das zerkleinerte Material, sei es zerbrochenes im Vorbrecher, sei es feines Mehl in den Mühlen, möglichst sofort aus der Maschine entfernt wird, sobald es grade den gewünschten Zerkleinerungsgrad erreicht hat. Wenn man mit geringstem Kraftverbrauch das beste Produktionsresultat erzielen will, muß die Erreichung dieses Zieles angestrebt werden. Theoretisch wäre deshalb eine Zerkleinerungsmaschine, deren Wirkung im Zerdrücken resp. Zerspalten des Phosphats zu genau der gewünschten Feinheit besteht und die das zerkleinerte Material völlig im Moment der erstrebten Reduktion entläßt, die beste, wenn keine Kraft für andere Zwecke als diese Zerspaltung (etwa durch Staubbildung, Entstehung hoher Temperaturen, innere Kraftverluste etc.) verbraucht wird, weil diese Maschine dann mit geringstem Kraftquantum arbeitet, wenn man von Verlusten absieht, die durch Kraftübertragung, Reibungen in Lagern und anderen Maschinenteilen, Konstruktionseigentümlichkeiten hervorgerufen werden. Eine solche Idealmaschine ist natürlich nicht möglich, doch soll man sich dem Vorbild möglichst nähern.

Verfasser verweist auf die Arbeiten Rittinger's, E. A. Hersams und v. Reytt's, auf die in »Zerkleinerungsmaschinen« von Naske entsprechend hingewiesen ist und die ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand an dieser Stelle erübrigen.

Die v. Reytt'schen Versuchsergebnisse sind zweifellos, besonders für in struktureller Beziehung gleichartige Körper, von Wert, da sie uns ein ungefähres Bild über die Berechnung des Kraftverbrauchs beim Zerbrechen und Zermahlen geben.

Dennoch spielen bei der Vermahlung (und natürlich auch bei der Vorzerkleinerung) des Nauru- und anderer Südsee-Phosphate, die uns hier interessieren, andere Faktoren eine bedeutende Rolle, von denen, als im Material selbst liegend, besonders die außerordentliche Verschiedenheit in der Größe des Aufschüttgutes und in der mechanischen Beschaffenheit des Materials zu erwähnen ist: Das Phosphat ist, von feinem Sand und Staub abgesehen, durchgängig aus stückigen, schaufelfähigen, phosphatisierten Konglomeraten bestehendes Geröll von Korallen, deren Steinkernen, anderen Petrefakten und Sand, aus sehr harten, mittelharten bis sehr weichen, fast kreideartigen, bröckeligen und porösen, auch sandsteinartigen Fragmenten zusammengemischt, die der Zerkleinerung in den Phosphatbrechern und -Mühlen einen außerordentlich wechselnden Widerstand entgegensetzen; die zahllosen Spalten, Risse, Großporen, Löcher in den einzelnen Stücken setzen dem Zerbrechen an den be-

treffenden Stellen naturgemäß einen geringeren Widerstand entgegen, als das festgefügte, poren- und rissefreie Geröll. Die Zähigkeit der Phosphate Naurus, d. h. ihr Widerstand gegen Zertrümmerung und Zerreißung in kleinere Partikel, ist zum beträchtlichen Teil abhängig von der mechanischen Mischung der verschiedenartigen Einzelbestandteile der Conglomeratindividuen, die verschiedene Dichtigkeit, Struktur, Härte, Hohlräume, Spalten etc. zeigen. Diese so außerordentlichen Schwankungen der physikalischen Eigenschaften des Nauruphosphats lassen das Zusammenfassen der Widerstandsmomente gegen die Zertrümmerung durch den Brech- oder Mahlprozeß in einen einheitlichen mathematischen Ausdruck schwierig oder unmöglich erscheinen, zumal auch die Größenabmessungen und die Formen der einzelnen Stücke sehr wechselnde sind.[1])

Bei allen Phosphatbrechern und -Mühlen haben wir außerdem noch mit Faktoren zu rechnen, die in der Konstruktion der Mühlen und ihrer Wirkungsweise liegen, welche die Leistungsfähigkeit der Mühle und den Kraftverbrauch erheblich zu ändern imstande sind, so daß im Verein mit dem oben Angeführten der Vermahlungsprozeß (in technisch-kalkulatorischer Hinsicht) ein außerordentlich komplizierter wird. Da das Phosphat keine absolute Sprödigkeit besitzt, vielmehr die Ueberwindung des Widerstandes der Stücken gegen Trennung ihrer Teile durch Beanspruchung auf Zug, ungleichartigen Druck, Biegung, Torsion in Berücksichtigung zu ziehen ist, so tritt bei den ungleichmäßigen und verschieden-

[1]) Die außerordentliche Verschiedenheit in den Kohäsionserscheinungen, die die einzelnen Steine, Körner, Geröllstücken des Nauruphosphats darbieten, äußert sich oftmals an ein und demselben Stück. Bei Nauruphosphat habe ich z. B. in Bezug auf Geruch: Tonigen und bituminosen Geruch bemerkt; es gibt magere, rauhe, glatte und anhaftende Nauruphosphate; in Hinsicht auf die Tenazität kennt man spröde, milde und selbst etwas plastische Nauruphosphate; der Bruch ist bei einigen harten Varietäten muschelig, ferner eben oder erdig; die Härte variiert zwischen 1 und über 4, in einzelnen Stücken erreicht sie fast die des Apatits.

Ein Kubikmeter ungemahlenes Phosphat (Handelsware) wiegt etwa 1,6 bis 1,8 Tonnen. — Da doch die physikalischen Eigenschaften des Nauruphosphats angeschnitten worden sind, so mag bemerkt sein, daß Fettglanz, zuweilen auch, bei manchem Nauruit und Phosphat-Achat Harz- bis hoher Glasglanz (wenn geschliffen) konstatiert wurde sonst ist Nauru- und Ocean-Island-Phosphat schimmernd, zuweilen etwas irisierend; doch sind die letzten beiden, wie wohl stets Angaur- und Makatea-Phosphate, sowie auch jüngere Bildungen meist matt.

Das meiste Phosphat ist lederbraun bis gelbbraun (etwa wie die Farbe der Abbildungen der Phosphate in diesem Buche); doch kommen schwarze, weiße, hellgelbe, rötliche und graue Phosphate gleichfalls vor.

Was die Pelluzidität der Nauru-Phosphate betrifft, so sind die weitaus meisten opak (wie auch die meisten Ocean-Island- und vielleicht alles Angaur- und Makatea-Phosphat); nur Nauruit und die achatartigen Phosphate sind kantendurchscheinend bis durchscheinend; die Lumineszenz soll gering oder nicht vorhanden sein, wie dem Verfasser mitgeteilt wurde; diesbez. Versuche, diese Phosphate den Röntgenstrahlen auszusetzen, hat Verfasser selbst nicht angestellt).

artigen Wirkungsäußerungen der Zerkleinerungsmaschinen selbst bei ganz gleichmäßigem Material keine glatte Spaltung des Gesteins in kleinere gleichartige Partikeln ein. Wenn auch die Kohäsion durch oben genannte Faktoren sowie durch reibende und schabende Wirkung der in der Maschine befindlichen Phosphatteile an Mahlflächen, Brechspalt, sowie untereinander, schließlich aufgehoben wird, d. h. der Endzweck: Zerbrechen resp. Vermahlung, erreicht wird, so kann doch Zerkleinerung stets nur auf Kosten eines größeren Kraftverbrauchs erreicht werden. Ferner bringt das elastische Abprallen — bei der wechselnden Zu- und Abnahme des Drucks — der härteren Phospatknollen und das plastische Zusammenbacken der weichen, porösen und bröckeligen Phosphate, die bei irgend höherem Feuchtigkeitsgehalt tonartige Kuchen bilden und auf das stückige, noch nicht genügend zerkleinerte Phosphat einhüllend wirken können, einen nennenswerten Kräfteverlust mit sich. Je mehr Kraft durch diese unerwünschten Nebenerscheinungen absorbiert wird, desto stärkere Wärmeentwicklung ist zu konstatieren, die sich, was für das mit $3^1/_4$—$4^1/_2$ % (im Durchschnitt) Feuchtigkeit in den Handel kommende Nauruphosphat von Wichtigkeit ist, durch erhebliche Wasserverdunstung während der Vermahlung äußert.[1]) Beispiel: Gröblich zerkleinerte Probe: 3,40 % H_2O (mech.), nach dem Vermahlen auf der Kugelmühle 60er Sieb: **2,35 %**. Bei feuchterem Nauruphosphat als $4^1/_2$—5 % Feuchte kann der Mahlprozeß in den Mühlen dadurch zum Stillstand kommen, daß sich aus dem durch den Mahlprozeß erhitzten Phosphat während des Vermahlens das verdampfte Wasser an den Siebweben festsetzt und diese dann durch das anbackende Phosphatmehl völlig verstopft werden; es helfen dann Klopfen und Bürsten so gut wie nichts.

Eine gröbliche Vorzerkleinerung des Nauru- und Ocean-Island-Phosphats (auf Nauru ist dies nur in beschränktem Maße notwendig) findet auf den Inseln selbst statt und zwar vor der Trocknung. Des Gegensatzes der Vorzerkleinerung des Phosphats im nassen (auf der Insel) und im trockenen (in der Düngerfabrik) Zustande wegen sei auch des Zerbrechens nassen Phosphats hier gedacht, wie es eigentlich nur für die Inseln in Frage kommt.

Bei der Zerkleinerung der nassen Südsee-Phosphate zum Zweck des Trocknens ist verschiedenen Umständen Rechnung zu tragen.

Bei der Verwendung von **Backenbrechern** würde, wenn es sich darum handelt, mit möglichst wenig Kraft gleichmäßige Brocken zu erzielen, ein solcher zu verwenden sein, welcher die größte Bewegung im Ausfallspalt hat. Die Anwendung von Backenbrechern mit der größten Bewegung im Maul (Aufgabeöffnung) würde viel Feines erzeugen, welches,

[1]) **Natürlich ist diese Wasserverminderung im Phosphat eine sehr teure Operation.**

zumal bei porösen und bröckligen Varietäten zum Zusammenbacken Veranlassung gibt (bei feuchtem Ocean-Island- und Nauruphosphat noch viel mehr als z. B. bei feuchtem Granit, Basalt, Dolomit, Kalkstein etc.), die schließlich das Durchfallen des im Maul überlagernden Gutes verhindern, so daß Störungen und Kraftverschwendung die Folge ist. Aber selbst bei dem erstgenannten Maschinentyp (größte Bewegung im Auslaßspalt), der entschieden dem zweiten für nasses Phosphat überlegen ist, ist ein Zusammenbacken des feuchten, halbzerkleinerten Phosphats innerhalb der Maschine nicht ganz zu vermeiden; es fehlt wohl die größere Beweglichkeit des Gutes zwischen den Brechplatten, die der **Kegelbrecher** den zu brechenden Phosphatsteinen zwischen Kegel und Ring darbietet, welche gestattet, daß die sich lose ansetzenden Phosphatkuchen von nachschiebenden, im Brechprozeß stehenden harten Phosphatbrocken weggestoßen und unschädlich gemacht werden. Riffelungen des Brechkegels und des Ringes würde ich nicht für nasses Südseephosphat empfehlen, da sie sich wahrscheinlich bald, zumal bei schmierendem Material, zuzusetzen würden.

Bei Anschaffung eines Kegelbrechers für nasse Phosphate vom Typ Naurus und Ocean-Islands würde ich einen solchen empfehlen, dessen größte Arbeit im unteren Teile, dem Ausfallspalt, zu leisten ist, und zwar aus dem bei den Backenbrechern erwähnten Grunde. Ich mag hierbei erwähnen, daß Kegelbrecher für manche zähe, klebende Substanzen, feuchte Salze, empfindlicher sind als Backenbrecher, d. h. daß sie sich leichter zusetzen und verschmieren; bei Phosphat muß nur ein zu weitgehendes Reduzieren des nassen Phosphats vermieden werden. Außerdem weisen die Kegelbrecher einen ruhigeren Gang und größere Leistung auf als die entsprechenden Backenbrecher bei gleichem Kraftverbrauch und Größe der Brocken; wenn auch der Kegelbrecher nur mit etwa halber Brechfläche arbeitet, so zerdrückt er doch die ganze Zeit.

Auf jeden Fall aber ist es unrationell, wenn man das gesamte nasse Phosphat den Brecher passieren läßt, da entweder die Produktion leidet oder Kraft verschwendet wird; es sollte stets das grobstückige, zu brechende Material entweder durch rotierende Siebe von 2—2½ Zoll Maschen (bei viel grobstückigem) oder durch Ausklauben getrennt werden. Nur die großstückigen Steine sind dem Brecher zuzuführen.

Die hochgrädigen Südseephosphate im Kugelmühlenbetrieb. Es ist bekannt, daß bei der Verwendung von Kugelmühlen zum Vermahlen von trockenem Phosphat, also auch von den Pacifischen Phosphaten ein Vorzerbrechen der größeren Stücke nicht notwendig ist, sobald dieselben nur durch die Aufgabeöffnung zu passieren imstande sind, da selbst in Beziehung auf den Kraftverbrauch die zerschlagende Wirkung der herabrollenden und fallenden Kugeln ziemlich vorteilhaft ist, um selbst faust- und noch größere Stücke zunächst zu kleineren Fragmenten zu zer-

trümmern, die dann durch Schub- und Schwerkraft, dann aber auch andere Kräfte (z. B. Torsion) mittelst der Kugeln zerspalten und zerrieben werden, bis sie zu der gewünschten Feinheit reduziert worden sind.

Die Mahlfläche in der Kugelmühle ist eine große im Vergleich mit anderen Mühlen; als Mahlfläche wirken die Oberfläche der Kugeln untereinander uud mit den inneren Trommelflächen. Es hat sich herausgestellt, daß, um praktisch eine für den Fabrikbetrieb befriedigende quantitative Ausbeute zu erhalten, die für Nauru- und sonstige Südseephosphate verwendeten gewöhnlichen Kugelmühlen einen Trommeldurchmesser von mindestens 1900—2000 mm erhalten sollten, doch muß auch die vorgeschriebene Umdrehungszahl der Maschine genau innegehalten werden, um die beste Ausbeute zu erzielen, ebenso das Gewicht und bis zu einem gewissen Grade auch die Größe der Kugeln.

Nun hat man freilich gefunden, daß der theoretische Kraftverbrauch auf die Einheit Mahlprodukt allerdings bei Anwendung mehrerer kleinerer Mühlen sich zu Gunsten der kleineren Mühlen hält. Aus diesem Grunde hat man sog. Doppelhartmühlen konstruiert, die dieser theoretischen Anforderung auch praktisch gerecht werden, und die sich bewährt haben.

Der Anwendung einer entsprechend größeren Anzahl kleinerer Kugelmühlen gewöhnlicher Konstruktion steht das höhere Anlagekapital, größere Wartungskosten etc. entgegen, so daß ich die Anwendung von wenigen großen Kugelmühlen an Stelle von viel kleinen für zweckmäßig im Düngerfabrikbetrieb halte; abgesehen von der eben erwähnten Spezialkonstruktion, die bei geringem Durchmesser und geringem Kraftverbrauch eine verhältnismäßig hohe Leistung hat.

Nach Naske[1]) besteht der Zerkleinerungsvorgang in den Kugelmühlen auf dem Zusammenwirken zweier entgegengesetzter Tendenzen. Während die sich drehende Mahltrommel dauernd bestrebt ist, den Inhalt — (Mahlgut und Kugeln) — mit in die Höhe zu nehmen, zieht die Schwere ihn ebenso stetig nach dem tiefsten Punkte hinab. Auf diese Weise kommt ein dauerndes Arbeiten der Kugeln an dem Mahlgut zu Stande. Dies gilt natürlich nur für den Fall, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit genügend klein gewählt ist, um ein Ueberwiegen der Fliehkraftkomponente über die gleichzeitig auf den Trommelinhalt wirkende Schwerkraftkomponente auszuschließen (Dingl, Polytechn. Journ., Heft 2, 1897). Die obere Grenze der Trommelumfangsgeschwindigkeit ist also jene, bei welcher die Kugeln durch die Fliehkraft fest gegen die Trommelwandung gepreßt werden uud die Wirkung der Schwerkraft aufgehoben wird, so daß ein Ueberstürzen des Inhalts nicht mehr stattfindeu kann. Die Wirkung ergibt sich als

[1]) Naske, Zerkleinerungsvorrichtungen.

$$n = \frac{60}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{2D}}$$
$$= \frac{42.3}{\sqrt{D}}$$

wobei

n = Umdrehungszahl der Trommel per Minute,
g = 9,81 m die Acceleration der Schwere,
D = den Durchmesser der Mahltrommel bedeutet.

Die praktischen Ausführungen, die natürlich recht erheblich unter diesem Wert bleiben müssen, zeigen im Durchschnitt

$$n = \frac{23\text{—}28}{\sqrt{D}}$$

Abgesehen von Ueberlastung der Kugelmühlen, wodurch die Platten etc. stark leiden, bringt eine zu starke Kugelbeschickung besonders bei den härteren Varietäten des Naurus- und Ocean-Island-Phosphats den Nachteil mit sich, daß die Mehlproduktion durch übermäßige Bildung von Griesen und Graupen stark beeinträchtigt wird, welche die weitere Vermahlung stark behindern, die Siebe bedecken und damit die Absichtung des Feinen beeinträchtigen Nach praktischen Erfahrungen des Verfassers haben sich für Ocean-Island- und Naurus-Phosphat folgende Umdrehungen und Kugelfüllungen als Basis für Mahlungen erwiesen, Zahlen, die sich nur unbedeutend ändern können:

Fabrikat	Durchmesser der Trommel	Kugelfüllung		Umdreh. pr. Minute	Breite der Trommel
	mm				
Jenisch	2080	750 kg	ca. 250 kg à 80 mm Ø	26	1030 mm
			» 250 » » 100 » »		
			» 250 » » 120 » »		
Krupp	2260	1350 kg	ca. 250 kg à 80 mm Ø	25	1380 »
			» 200 » » 100 » »		
			» 400 » » 110 » »		
			» 500 » » 125 » »		
Krupp	2700	2000 kg	ca. 650 kg à 80 mm Ø	21	1380 »
			» 750 » » 110 » »		
			» 600 » » 125 » »		

Für härtere Materialien sind eventl. etwas mehr große Kugeln an Stelle der kleineren und für weiche Phosphate kleinere zu nehmen.

Uebrigens sind die Schwankungen der Produktion nicht sehr groß bei Aenderungen der Verhältnis-Zahlen der Kugeln verschiedener Größe, soweit diese nicht allzu bedeutend sind und das ausprobierte Totalgewicht in der Mühle konstant bleibt. Stahlkugeln verlieren fast nichts an Ge-

wicht im Laufe eines Jahres; man füllt evtl., nach Feststellung des Gewichts, eine oder einige Kugeln zur Ausgleichung des Verschleißes nach, sobald dies notwendig sein sollte.

Vergleichsweise mit Florida-Phosphat läßt sich sagen, daß man Nauru- usw. Phosphat noch sehr wohl mit 4, ja oft mit $4^1/_2$—$5^1/_4$ % Feuchtigkeit mahlen kann, ohne daß die Produktion der Kugelmühle erheblich leidet, während bei Florida-Phosphat schon ein $2^1/_2$ % Feuchtigkeit übersteigendes Material ein nennenswertes Nachlassen der Mahlausbeute verursacht. Außer dem bereits erwähnten Zusetzen der Siebe kann bei einem zu hohen Feuchtigkeitsgehalt des Phosphats dadurch eine Verminderung der Mahlproduktion eintreten, daß die einzelnen, noch unvollständig ausgemahlenen Partikeln in feinem Staub, welcher sich zusammenballt, eingehüllt werden und sich der zerschlagenen und zerreibenen Wirkung der Kugeln entziehen. Bei Anwendung von Windsichtern (s. u.) ist dies weniger zu befürchten.

Die Absiebung des Feinen durch die für Kugelmühlen übliche Siebbespannung ist überhaupt der schwache Punkt der Kugelmühlenkonstruktion, da immer nur ein kleiner Teil der Siebfläche nutzbringend arbeitet, die sich bei feuchten Phosphaten durch Verschmieren, dann aber bei sehr harten Phosphaten durch Bildung von sich in die Maschen festsetzenden Splitterchen leicht teilweise zusetzt. Diese Uebelstände der Kugelmühlenkonstruktion: Große Mahlfläche bei kleiner Absiebfläche haben einerseits zur Konstruktion der Fasta-Siebe und ähnlicher, auf eine Vergrößerung der Siebfläche hinzielende maschinelle Anordnungen, andererseits zur sieblosen Kugelmühle mit Mehlabsaugung geführt.

Die obenerwähnten unangenehmen Wirkungen der Feuchtigkeit sind bei nicht höherem als dem obengenannten Gehalt an mechanisch beigemengten Wasser[1]) keinesfalls zu befürchten. Deshalb ist auch die von verschiedenen Seiten erhobene Forderung, die Maximalgarantie für Feuchtigkeit im Ocean-Island- und Nauru-Phosphat auf 3 % herunterzusetzen, völlig ungerechtfertigt, da die aufzuwendenden Trocknungskosten auf etwa 2—$2^1/_2$ % Feuchte vergleichsweise sehr hoch sind und in ungünstigem Verhältnis zu dem dadurch in der Superphosphatfabrik erzielten Nutzen stehen; oft würde es in nassen Jahren auf den Inseln kaum möglich sein, ohne erhebliche Produktionsreduktion ein Maximum von 2,00—2,50 % mech. H_2O zu erzielen.

Südsee-Phosphate in Mühlen, die einer Vorzerkleinerung bedürfen. Vorzerkleinerung der 3—5 % Feuchte enthaltenden Handelsware.

Für die Vermahlung von Phosphat auf Mahlgängen, wie sie hin und wieder noch stattfindet, oder in Pendel- und Mörsermühlen, sowie

[1]) Bei Nauru-, Ocean-Island-, Angaur- und Makatea-Phosphaten; andere Phosphate sind oft schon mit 2—3 % Wasser schwerer vermahlbar.

In Schmirgelstein-Gängen und Kentmühlen ist es notwendig, daß das Phosphat bis zu einem gewissen Grad vorzerkleinert wird, d. h. man sondert die eine gewisse Größe übersteigenden Brocken aus und zerbricht sie in geeigneten Maschinen. Jemehr daher eine Feinmühle von der Arbeit der Grobzerkleinerung (die man in der Kugelmühle jedoch mit der Feinzerkleinerung derselben Mühle überträgt) entlastet wird, desto vorteilhafter werden die obenbezeichneten Mühlen arbeiten.

Während die gröblichste Vorzerkleinerung der hochgradigen nassen Südsee-Phosphate (soweit sie bei Nauru überhaupt nötig), zu dem Zwecke, dasselbe besser trocknen, lagern und verladen zu können, wie erwähnt, auf den Inseln selbst stattfindet und daher der glatten Arbeit wegen gleichmäßige Brocken mit wenig Gries und Mehl aus feuchten Gestein der Zweck der Brechmaschinen sein muß, treten bei der weiteren Vorzerkleinerung des getrockneten Phosphats in den Fabriken andere Ziele auf.

Da die Zertrümmerung des handelstrockenen Phosphats leichter vor sich geht, bewegt sich die weitere Zerkleinerung zu einem Grobkorn von Hasel- bis Walnußgröße, d. h. so weit, daß sie eine Zuführung des Materials zu den obengenannten Feinmühlen zuläßt, in ganz anderen Bahnen als die Zerkleinerung des nassen Phosphats auf den Inseln.

Verwendet man Backenbrecher zum Vorbrechen des trocknen Nauru- und anderen Südsee-Phosphats, so wird man danach streben, der Feinmühle möglichst viele Arbeit abzunehmen durch Aufstellung einer Backenquetsche, deren größte Bewegung in der Aufgabeöffnung stattfindet. Diese Maschinen sind zu diesem Zwecke sehr geeignet, da sie bei wenig gröberen Brocken viel Griese, Mehl und Graupen ergeben; höchstens würde der stoßweise Gang dagegen sprechen; die Kegelbrecher, die im Prinzip denselben Zweck verfolgen, bilden dann nicht nur einen guten Ersatz, sondern verarbeiten auch größere Quantitäten.

Eine Partie Nauruphosphat, die also etwa einem ungesiebteten Kies, wie er aus unsern Kies- und Sandgruben gewonnen wird, ähnelt, bestand, durch entsprechende Siebe gesichtet, aus

3 % feinem Sand (bis 1 mm Maschenweite)
18 % grobem Sand (1—5 mm)
17 % Kies von 5—12 mm
22 % Grobkies von 12—25 mm
40 % Großstücken-Material (mit 1 1/2 % größeren Stücken als eine Faust).[1])

[1]) Oft enthalten die Ladungen Nauru-, Angaur- und Makatea-Phosphat viel mehr Material von feiner Körnung; es sind Ladungen verschifft worden mit ca. 75 % Material unter 12 mm Maschenweite und fast 90 % unter 25 mm Maschenweite.

Es zeigt sich, daß es sich in solchem Falle (die Zusammensetzung nach Stückengröße wechselt natürlich bei den einzelnen Partien sehr) es sich sehr wohl lohnt, dem Vorbrechen eine Sichtung, am besten durch ein einfaches rundes oder sechseckiges Zylindersieb mit der entsprechenden Lochung, vorhergehen zu lassen, die man das Feinere passieren lassen will; das Grobe wird dann zur gewünschten Feinheit gequetscht.

Man kommt sicher mit einem Steinbrecher aus, wenn man bis 25 mm brechen will, welche Abmessung für manche Mühlen genügt; will man auf Haselnußgröße vorbrechen, was einige Feinmühlen verlangen, so empfiehlt es sich oftmals, den Steinbrecher auf 25 mm Spalt zu stellen und das weitere Zerbrechen auf einem Walzenpaar — zur Erlangung von viel Mehl und Gries mit wenig Brocken mit Differential-Geschwindigkeit — zu vollenden.

Die mit Siebgeweben arbeitenden Pendelmühlen verarbeiten ein feuchteres Phosphat leichter als etwa Kugelmühlen oder andere Mühlen mit solchen Siebvorrichtungen, bei denen das Feine (Mehl) durch die Schwere vertical durchfällt, weil bei den erwähnten Pendelmühlen (z. B. Griffin, Bradley, Nagel und Kämpe u. a.) das Feingut tangential zur Siebfläche durch ein weit gröberes Siebgewebe als der Feinheit entspricht, geworfen wird; gröbere Siebe setzen sich natürlich nicht so leicht mit feuchterem Mehl zu als feine.

Staub und Feinkorn im Phosphatmehl. Strukturloser feiner Staub kann, wenn die Größe der Partikelchen 0,001 mm nicht übersteigt, durch das Gefühl nicht mehr wahrgenommen werden, wohl aber durch ein geübtes Gefühl mit den Fingerspitzen eine Korngröße von polyedrischer Form von 0,02 mm. Bei 0,1 mm Korngröße ist bereits mit unbewaffnetem Auge eine Unterscheidung der Einzelkörnchen ohne Isolierung zu konstatieren.

Es mag noch erwähnt sein, daß, je scharfkantiger die Partikelchen sind, dieselben im Griff gröber als gleichgroße, selbst größere Körnchen abgerundeter Form erscheinen (Andés).

Es muß in der Phosphatmüllerei das Bestreben vorwalten, ein Feinmehl zu erzeugen, welches möglichst wenig (strukturlosen) Staub liefert bei möglichst gleichmäßigem Feinkorn des gewünschten Feinheitsgrades. Dies ist natürlich nicht zur Vollkommenheit zu erreichen; jedem Feinmehl ist Staub in bedeutenden Prozentsätzen beigemischt.

Jede Staubbildung ist theoretisch zunächst gleichbedeutend mit Kraftverschwendung, die sich jedoch oft nicht vermeiden läßt, dann aber ergibt sich bei Aufschluß des staubreichen Feinmehles ein ungünstiges Resultat durch schlechte Aufschließen und besonders durch Knollen- und Knotenbildung im Superphosphat. Wenn Nauru- und Ocean-Island-Phosphat sich in dieser letzteren Beziehung günstiger verhält als Florida-

Phosphat, so sollte man doch, besonders wenn Nauru-Phosphat mit anderen Phosphaten aufgeschlossen wird, suchen eine Staubbildung im Mehlgut so weit als angänglich zu vermeiden.

Bei den Pendelmühlen wird im Verhältnis zu anderen Mühlen viel Staub erzeugt (ein Nachteil, der durch sonstige gute Eigenschaften dieser Mühlen wieder aufgewogen wird); danach folgen die Kugelmühlen und die Kentmühle. Siehe übrigens Schucht, Fabrikation von Superphosphaten, III. Aufl., S. 124, 355 und folg.

Die weichen Varietäten Nauru-Phosphats und besonders Ocean-Island-Phosphat entlassen übrigens bei einem Gehalt von weniger als 3 % Feuchtigkeit viel Staub im Mühlenraum; er belästigt unter Umständen die Müller beträchtlich. Es sind dann geeignete Staubkollektoren am Platze.

Bei der Beförderung des Phosphatmehles zum Silo tritt teilweise ein Entmischen des Mehles in Staub und Feinkorn ein, doch ist im Nauru- und Ocean-Island-Phosphat die chemische Zusammensetzung von Staub einerseits und Korn andererseits d. h. der Entmischungsprodukte im Gegensatz zu anderen Phosphaten, z. B. Florida-Phosphate, Algier, Tunis, nur wenig variierend. Florida-Phosphat-Staub und Feinkorn kann Differenzen bis über 10 % phosphors. Kalk aufweisen, während bei Nauruphosphat Unterschiede von höchstens 1—2 % vorkommen. Der im Florida-Phosphatmehl enthaltene Ton und der das Algier-Phosphat in Schnüren durchziehende kohlensaure Kalk finden sich zum großen Teil im feinsten Staub wieder. Diese Gleichmäßigkeit der chem. Zusammensetzung von Staub und Feinkorn ist ein großer Vorteil des Nauru-Phosphats zur Erzeugung gleichartiger Fabrikationsprodukte; diesen Vorteil weisen auch Ocean-Island-, Angaur- und Makatea-Phosphat auf.

Feinster trockner Nauru-Phosphat-Staub ballt sich nicht wie Florida-Phosphat-Staub zu weichen Knöllchen zusammen; eine Bildung von Knoten und harten Pillen in den Aufschlüssen zu Superphosphat findet deshalb bei Weitem nicht in dem Maße als bei Florida-Phosphat statt. Mehrpendelmühlen arbeiten wohl mit allen Phosphaten ruhiger als Einpendelmühlen; es liegt dies wohl weniger am Material als an der besseren Ausbalanzierung der Mühlen; die vorzüglich zur Phosphatvermahlung geeignete Kentmühle[1]) braucht überhaupt kein starkes Fundament. Einpendelmühlen sind andererseits weniger kompliziert als die Mehrpendelmühlen.

Nauru- und Ocean-Island-Phosphate im Carr'schen Desintegrator zu zerkleinern, wie dies Verfasser in einer australischen Fabrik gesehen hat, ist aus verschiedenen Gründen unpraktisch, obgleich ein körniges Produkt mit wenig Staub erzeugt wird. Ob und wie der evtl. Siebüberschlag weiter vermahlen wird, vermag Verfasser nicht zu sagen;

[1]) und die nach demselben Prinzip gebaute Maxecon-Mühle, sowie die der Ring Mill Co.

das Phosphat wird sich wohl kaum im Desintegrator vollständig zu Mehl auflösen lassen.

Die amerikanischen Sturtevant-Mühlen (36 Zoll Schmirgelmühle und andere neuere, z. T. vertikale Mühlen) dürfen für die weicheren Varietäten Nauruphosphats, sowie für Ocean-Island-Phosphat[1]) als sehr leistungsfähig zu bezeichnen sein; bei den härteren knolligen Phosphaten Naurus wird die Produktion erheblich sinken; je weiter das Phosphat für die Feinmühle vorzerkleinert ist, desto besser ist die Leistung; Absiebung ist bei richtiger Einstellung der Steine nicht notwendig.

Es ist bereits erwähnt worden, daß der Absichtungsvorgang in der Kugelmühle eigentlich einen Mangel der Kugelmühlen bedeutet; Verfasser möchte den Satz erweitern, dass die Absiebung überhaupt noch eine Unvollkommenheit in unseren Phosphatmühlen darstellt, zum mindesten soweit die Absiebung des Feinmehl dadurch geschieht, daß dasselbe von oben nach unten durchfällt. Soweit nun nicht diesem Uebelstand durch vertikale Siebe begegnet ist (wie bei der Griffinmühle), hat man Windsichter nach dem Prinzip Moodie und Mumford gebaut.

Für Nauru- und Ocean-Island-Phosphat, auch für Angaur-Phosphate haben sich dieselben in Kombination mit Mühlen bewährt, besonders da die Entmischung von Staub und Feinkorn nicht von so großer Wichtigkeit ist als bei Florida-Phosphat; die Produktion soll bei Kugelmühlen gegen direkte Absiebung bei der Absaugung um 20 % gestiegen sein; doch lassen sich die Windseparatoren auch für andere Feinmühlen verwenden, z. B. sind sie vorteilhaft an der Kent- und ähnlichen Mühlen anzubringen.

Man kommt, wenn das zerkleinerte evtl. durch Vorsiebe gröblich abgesiebte Mehl (mit Griesen) aus der Mühle (sei es Kugelmühle, oder Mahlgang oder Kentmühle) sofort entfernt wird — indem man es durch einen regulierbaren Luftstrom, der das Feine abscheidet — aussetzt, dem anzustrebenden Ziele: »Sofortige Wegführung, im Moment der Entstehung, des gerade zur gewünschten Feinheit gemahlenen Gutes« dadurch näher, daß das aus Griesen, Feinkorn und Staub bestehende Halbmahlprodukt durch den Luftstrom gewissermaßen gewaschen wird, das »Auswaschprodukt«, d. h. Feinkorn und Staub (also Mehl) für sich gesammelt und die reinen Griese der Mühle wieder zugeführt werden. Der Staub kann also nicht einhüllend und deshalb verzögernd auf die weitere Vermahlung der Griese wirken. Vielleicht werden die Windseparatoren, die empfehlenswerte Maschinen sind, die Rüttel-, Klopf- und Zylinder-Siebe, die z. B. für Mahlgänge noch unentbehrlich galten, ferner die Siebbespannungen für Kugelmühlen, zu ersetzen berufen sein; es sprechen dafür: Wegfall des Verschleißen an Sieben, der bei den härteren Nauru-

[1]) Für das weiche Makatea-Phosphat und wohl auch Angaur-Phosphat sind diese Mühlen wohl vorzüglich geeignet.

Varietäten ziemlich bedeutend ist und Wegfall der dadurch hervorgerufenen Betriebsstörungen, automatischer Betrieb ohne extra Aufsicht und Wartung, größere Leistung der Mühle, da das Grobgut staubfrei gehalten wird und das Feinmehl nicht stört, Regulierbarkeit der Korngröße durch Regulierung des Separators, körniges, d. h. weniger Staub enthaltendes Feinmehl, da eine weitere Zermalmung und Zerreibung des zur gewünschten Feinheit gebrachten Mehles in der Mühle nicht stattfindet, da das Feinmehl die Mühle im Moment der Entstehung sofort verläßt. Dadurch wird ein besseres Aufschlußmehl erzielt.

Das Ziel welches man zu erreichen suchen sollte, würde eine Mühle sein, welche das Feingut direkt aus der Mühle absaugt und sammelt, ohne das Zwischenmaschinen, wie Elevatoren, Transporteure usw. zur Beförderung des Halb-Mehlprodukts (das Gröbere muß also mit dem Feinen ebenfalls befördert werden, was theoretisch gleich einem Kraftverlust ist) notwendig sind, die die Anlage komplizierter machen und Arbeits- und Betriebskraft benötigen.

Für die 4 Inselphosphate empfehlen sich die Windseparatoren auch deshalb, weil sie Phosphate über 5 % Feuchtigkeit noch gut sichten.

Beim **Aufschluß zu Superphosphat** verhält sich das Nauruphosphat vielleicht günstiger als alle anderen Phosphate; ihm nahe oder gleich kommt Christmas-Island-Phosphat, Angaur (das bei guten Aufschlüssen ca. 19—19¼ prozentiges Super ergibt), Ocean-Island-Phosphat; Makatea-Phosphat schließt sich ebenfalls sehr zufriedenstellend auf.

Nauru-Phosphat stellt sich sehr vorteilhaft in Beziehung auf den Säureverbrauch, die kakulatorisch günstige Aufschließbarkeit und die mechanische Beschaffenheit des — allerdings anfangs druckempfindlichen — Superphosphat; besonders die hochgradigen, unter 3½ % $CaCO_3$ enthaltenden Nauruphosphate lasseu sich sehr vorteilhaft verarbeiten. Der Säureverbrauch ist naturgemäß ein vergleichsweise geringer, die chemischen Umsetzungen in der Aufschließmaschine und dem »Keller« (Kammer) vollziehen sich schnell und dabei doch vollständig, so daß mit Leichtigkeit ein ca. 19—19½ prozentiges Superphosphat aus dem 84½—86 prozentigen und ein 20—20,5 prozentiges Super aus dem über 86½ prozentigen Nauruphosphat erzielt werden kann. Bei der Säureberechnung muß berücksichtigt werden, daß diese Phosphate mehr Kalk enthalten, als dem Tricalciumphosphat und Calciumcarbonat entspricht; für diesen »Pluskalk« muß natürlich ebenfalls Säure in Berücksichtigung gezogen werden.

Bei Ocean-Island-Phosphat ist hin und wieder von kleinen Belästigungen durch Fluordämpfe die Rede gewesen; bei Nauru-Phosphat ist mir nichts davon bekannt. Der im normalen Nauru-Phosphat nur in geringster Menge vorkommenden Kieselsäure wegen entweicht kein Fluorsilicium; die Umsetzungeu, d. h. das Verschwinden der freien Schwefelsäure

in der Anfschlußmischung (Phosphat und Schwefelsäure) geschehen im Gegensatz zum Florida- und mehr noch Tennessee-Phosphate und gar der Wyoming-, Utah- und Idaho-Phosphate (deren Eigentümlichkeiten Verfasser an den Orten ihres Vorkommens und im Fabrikbetriebe längere Zeit eingehend studierte, sodaß Vergleiche zwischen ihnen und den Südseephosphaten gezogen werden konnten) so rasch, daß nur wenig Flnorgase [1]) entweichen können, zumal auch der Fluorgehalt ein geringerer im Nauru-Phosphat ist. Im Vergleich zu nordafrikanischen Phosphaten, die von Schnüren, Adern und Flecken krystallisierten Kalkcarbonats durchsetzt sind, ist das Nauru-Phosphat auf das Innigste mit dem (übrigens geringen) Carbonatgehalt imprägniert — ein großer Vorteil für die Fabrikation.

Man könnte ruhig die Garantie für Maxim. Eisenoxyd und Tonerde für Nauru-Phosphat auf $1^1/_2$ % R_2O_3 bei Lieferungskontrakten setzen; wenn auch wohl immer bisher 1 % R_2O_3 nicht überstiegen wurde, so wäre ein solcher Fall, daß $1—1^1/_4$ % R_2O_3 geliefert würden, wohl denkbar. Selbst $1^1/_2$–2 % würden einen nachteiligen Einfluß im Superphosphatbetriebe nicht ausüben und der Düngerfabrikant könnte mit mehr Vorteil ein Phosphat mit $86^1/_2-87^1/_2$ % $Ca_3P_2O_8$ und 0,7—1,25 % R_2O_3 ja noch höher, falls nötig, abschließen, als ein solches von $84^1/_2-85^1/_2$ und 0,3—0,7 % R_2O_3; bei Nauru-Phosphat enthalten die höhergrädigen meist über 0,6 %, die niedriggrädigen unter 0,6 % R_2O_3; die Hälfte etwa davon ist Fe_2O_3.

Diese Erörterung kommt natürlich nur in Frage, wenn die Gesellschaft höhergrädige, d. h. $86^1/_2$ prozentige unvermischt weiterhin nach Europa verschiffen will, was mir nicht bekannt ist.

Eine Gefahr des Zurückgehens der wasserlöslichen Phosphorsäure im Nauru- und Ocean-Island-Superphosphat ist nicht zu befürchten, vorausgesetzt, daß dieselben richtig fabriziert wurden.

Wären zu Beginn der Superphosphat-Industrie nur eisenoxyd- und tonerdearme Phosphate in den Handel gelangt, etwa vom Typ der Algier- oder Florida-Phosphate, und wären nie schlechtere Phosphate — nicht allein in Bezug auf den Gehalt an $Ca_3P_2O_8$ — in den Verkehr gekommen, so würde die Frage des »Zurückgehens« der wasserlöslichen Phosphorsäure niemals das hohe Interesse des Düngerfabrikanten beansprucht haben, daß diese zu einer brennenden, für lange Zeit, wenigstens in Deutschland geworden war. Voraussichtlich wäre wohl nie die Eisenoxyd- und Tonerde-Klausel in den Phosphatkontrakten aufgetaucht.

In Deutschland waren es besonders die Lahnphosphate, die durch ihren hohen Gehalt an R_2O_3 und Silikaten einen weitgehenden Einfluß auf die spätere Gestaltung der Usancen im Phosphathandel ausübten; sie enthielten von 10 bis über 25 % Silicate von verschiedener Zersetzbarkeit

[1]) Flnorwasserstoff in den Südseephosphaten, Kieselfluorwasserstoff in den anderen.

(grade die durch H_2SO_4 nicht aufschließbaren, aber dann im Laufe der Zeit durch Phosphorsäure und Monocalciumphosphat im Super zersetzbaren Silicate verursachten starke Rückgänge) und bis zu 7 % Fe_2O_3 und bis 3 % Al_2O_3. Die Folge der Verarbeitung dieser Phosphate waren die in Süddeutsshland und Westdeutschland gebräuchlichen Marken: S. P. Nr. 20 (mit 16 % wasserl. P_2O_5), S. P. Nr. 14 (mit 10 % wasserl. P_2O_5), S. P. 12 (mit 8 % wasserl. P_2O_5 und 4 % wasserunlösl. P_2O_5).

Man schob s. Zt. die Schuld an dem Zurückgehen der wasserl. P_2O_5 ausschließlich dem Eisenoxyd und der Tonerde zu. Und in der Tat ist ein größerer Gehalt — besonders von Fe_2O_3 — von erheblichem Nachteil. Obgleich für die Nauru und Ocean-Islandphosphate, von keiner aktuellen Bedeutung (wohl auch kaum für Angaur und Makatea), so könnten doch in Zukunft eisen- und tonreichere Phosphate aus der Südsee auf den Markt kommen; deshalb ist vielleicht Nachsteheudes von Interesse.

P. Cazeneuve und A. Nicolle mischten ein Superphosphat mit 10 % Eisenvitriol; es ging die wasserlösl. P_2O_5 von 16 % auf 7 % herunter; bei einem Zusatz von 20 % Eisenvitriol blieben nur 2 % P_2O_5 wasserlöslich.

Das Eisen im Nanruphosphat ist wohl ausschließlich in Oxydform vorhanden. Die Umsetzungen, die das Eisenoxyd[1]) erleidet, lassen sich wie folgt ausdrücken:

$$Fe_2 P_2 O_8 + 3 H_2 SO_4 + 9 H_2O = 3 H_3 PO_4 + Fe_2 (SO_4)_3 9 H_2O.$$

Das entstehende schwefelsaure Eisenoxyd würde sich, viel Eisenoxyd in dem Superphosphat vorausgesetzt, teilweise mit Monocalciumphosphat umsetzen:

$$3 Ca H_4 (PO_4)_2 + Fe_2 (SO_4)_3 = 3 Ca SO_3 + Fe_2 H_{12} (PO_4)_6$$

Dies saure Phosphat zersetzt sich durch Hitze oder auch durch Wasserverdnnstnng, indem sich, neben freier Phosphorsäure Fe PO_4 abscheidet. Dabei nimmt also der Gehalt an freier Phosphorsäure im Superphosphat zu.

Die Bildung der Eisenphosphate findet aber überhaupt nicht statt, so lange höchstens 2 % Eisenoxyd (alles Fe als Fe_2O_3 augenommen) im Rohphosphat (also etwa 1 % im Super) enthalten sind; es bleibt als $Fe_2(SO_4)_3$ neben dem Monocalciumphosphat bestehen, ja mit einigermaßen Uebersäuerung verträgt ein Superphosphat sogar beträchtlich mehr Eisen.

Siehe übr. einschläg. Liter. Chem. Ztg. 1899/1903; Schucht, Fabr. Sup.; Elschner, Kunstdünger; Stocklasa's Studien über Superphosphat,

Dieser Fall, weniger als 2 % Fe_2O_3 zu enthalten, wird im Nauru- und Ocean-Island-Pphosphat stets eintreten, ja in den eisenoxydreichsten

[1]) wenn erheblich mehr davon als im Nauru-Phosphat vorhanden ist.

Phosphaten dieser Provenienz ist ein Gehalt von über 1 % Eisenoxyd (ohne Tonerde) einfach ausgeschlossen, da solche Phosphate sich weder auf Nauru noch Ocean-Island befinden.

Aehnlich, aber nicht gleichartig wie $Fe_2 O_3$ verhält sich Tonerde; es tritt die Umsetzung der schwefelsauren Tonerde mit Monocalcinmphosphat noch viel weniger vollständig ein, so daß beim Versetzen einer Superphosphatlösung mit Tonerdesulfat kein Niederschlag entsteht; erst beim Erwärmen tritt Trübung ein, die beim Erkalten der Lösung wieder verschwindet. Phosphorsaure Tonerde ist überdies in der in normalen Phosphaten stets vorhandenen freien Phosphorsäure stets löslich (im Gegensatz zur Unlöslichkeit des $Fe PO_4$ in Phosphorsäure). Die Tonerde, die im Nauru- und Ocean-Island-Phosphat vorkommt, ist demnach für die Fabrikation zu Superphosphat bedeutungslos, da sie in zu geringer Menge vorkommt, um schädlich zu wirken.

Würden sich Eisenoxyd und Tonerde als Kieselsäure-Verbindungen im Nauru- und Ocean-Islandphosphat vorfinden, so würde vielleicht der $R_2 O_3$ Gehalt die Aufmerksamkeit des Fabrikleiters verdienen, da durch Zersetzung von Silikaten im fertigen Superphosphat, besonders eisenoxyd und tonerdehaltigen, ein Zurückgehen der wasserlöslichen $P_2 O_5$ bewirkt werden kann.

Wie schon erwähnt, ist eine zu feine Mahlung der Südsee-Phosphate [1]) von keinem Vorteil; im Gegenteil ist eine 60er Sieb entsprechende Feinheit nicht zu überschreiten; es mag bemerkt sein, daß bei großer Feinheit und besonders bei hohem Staubgehalt die Reaktion schon in der Aufschließmaschine derart verlaufen kann, daß eine zu starke Verdickung und ein Stehenbleiben des Rührwerks, dadurch also Störungen verursacht werden. Die Benetzbarkeit des Nauruphosphats besonders ist eine sehr große, so daß der dem Mehl beigemischte Staub auf Aufschließsäure zerstreut die Säure heftig, wie ein Schwamm, aufsaugt, während z. B. Florida-Phosphat Staub auf Aufschließsäure gestreut viel langsamer benetzt und aufgeschlossen wird. Man verwende nur kalte Aufschließsäure für Nauru-, Angaur-, Makatea- und Ocean-Island-Phosphat, da die Anwendung heißer Säure eine zu schnelle Reaktion herbeiführt.

Die mechanische Beschaffenheit dieses mit kalter Säure hergestellten Superphosphats ist zweifellos besser als die mit heißer Säure hergestellte, da die Poren (Blasen) größer sind und das Super in der Kammer besser aufgeht, d. h. vermöge seiner Porosität einen größeren Raum einnimmt. Man muß beim Einstellen der Konzentration der Säure den größeren Wassergehalt des Nauru- und Ocean-Island-Phosphats (gegen Florida) berücksichtigen, auch der Gehalt an chemisch gebundenem

---

[1]) vom Typ Nauru etc.

Wasser; man wird mit ca. $54^1/_2$—$55^1/_2$ °iger Säure auskommen, wenigstens unter normalen Verhältnissen.

Ein größerer Gehalt an freier Phosphorsäure sollte vermieden werden, mehr bei Ocean-Island-Superphosphat als bei den hochgrädigen Nauru's, welch ersteres leicht schmiert; immerhin sind beide Superphosphate im frischen Zustande sehr druckempfindlich.

Weniger druckempfindlich und trockner anzufühlen sind solche Nauru-Superphosphate, deren Rohmaterial teilweise aus den oberen, ca. 10—30 cm dicken oberflächlichen humusreichen Schichten entnommen sind; man erkennt sie an der dunkelgrauen Farbe. Diese dunkelgefärbten humushaltigen Phosphate ziehen bei feuchter Luft während des Mahlens Feuchtigkeit an, d. h. sie ergeben mehr Feuchtigkeit im gemahlenen Zustand als im ungemahlenen, sind also stark hygroskopisch.

Beide Phosphate, sowohl Nauru als Ocean-Island benötigen etwa die gleiche Menge $54^1/_2$—55 ° Bé Säure zum Aufschluß, d. h. auf 100 Teile Phosphat kommen 97—105 Teile Säure; doch ist ein genaues Einstellen wie bei anderen Phosphaten erwünscht.

Nauru- und Ocean-Island-Phosphate, auch wohl Angaur-Phosphat, werden oft nicht für sich allein, sondern in Mischung mit anderen Phosphaten aufgeschlossen; die Aufschließresultate sind im Allgemeinen günstiger, sowohl was die mechanische Beschaffenheit als auch die Vollständigkeit des Aufschlusses betrifft, als das zugemischte Phosphat allein ergeben würde; d. h. schlechter aufschließbare Phosphate werden im Allgemeinen durch hochgrädigen Südsee-Phosphat-Zusatz verbessert.

In allen andern Phasen der Düngerfabrikation verhält sich besonders Nauruphosphat, dann aber auch die übrigen drei genannten Phosphate, gleichartig oder sogar günstiger als andere erstklassige Phosphate.

Dolomit.

Im Anschluß an das vorhergehende Kapitel möchte Verfasser noch die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß vielleicht ausgezeichnete Partien des Dolomits Naurus von gleichmäßiger Beschaffenheit und Farbe — porenfrei — als Marmor (der sog. Salzburgische Marmor ist ebenfalls ein körniger Dolomit) Verwendung finden, dann aber könnte, vielleicht für Australien, die Kohlensänre-Herstellung aus Dolomit in Frage kommen.

Ohne große Hoffnungen erwecken zu wollen, wäre es doch von Wert, für vielleicht lokalen Gebrauch, d. h. innerhalb der Südseegebiete oder für Australien, die Herstellung von hydraulischem Kalk aus dem Dolomit in Berücksichtigung zu ziehen. Diese könnte geschehen durch vorsichtiges Brennen des Dolomits bei einer Temperatur, bei der das Magnesiumcarbonat seine Kohlensäure verliert, aber nicht das Calciumcarbonat.

Möglicherweise läßt sich eine Kohlensäuregewinnung mit der Herstellung hydraulischen Kalks kombinieren. Zur Zeit zu weit von der Südsee und Australien entfernt, ist Verfasser nicht in der Lage, jetzt technische und kaufmännische Berechnungen über evtl. Rentabilität zu geben und muß er sich mit diesen kurzen Hinweisen begnügen.

Nachwort.

Als unser großer Chemiker Justus von Liebig im Jahre 1840 während seines Aufenthalts in England empfahl, Knochenmehle, welche ja bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts als Düngemittel dem Handel angehörten,[1]) mit Schwefelsäure aufzuschließen, ahnte er wohl kaum, welchen schnellen Aufschwung die dadurch hervorgerufene Industrie besonders in unserem deutschen Vaterlande nehmen würde.

Im folgenden Jahre versuchte der Gutsbesitzer Flemming in Barochan (England) englische Koprolithen zu vermahlen und das Mehl mit Schwefelsäure zu versetzen, um die Phosphorsäure in einen löslichen Zustand überzuführen. Diese für den eigenen Landwirtschaftsbetrieb eingerichtete Superphosphatfabrikation geschah in seiner Scheune. Die erzielten Erfolge dieses Versuchs schienen befriedigend; kurze Zeit errichtete Lawes in Detford bei London eine größere Superphosphatfabrik. Nicht allein die englischen Koprolithen in Suffolk und Cambridge wurden zu Superphosphat verarbeitet; man wandte sich auch wieder dem Knochenmehle als Ausgangsmaterial der Superphosphatfabrikation zu. Das neue Produkt eroberte sich rasch den Markt; in England wurde eine große Anzahl Fabriken ins Leben gerufen, die Großbritannien nnd den ganzen Kontinent mit Superphosphat versorgten.

In den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts entstanden die ersten deutschen Superphosphatfabriken, voran Stackmann & Retschy, Lehrte bei Hannover. Es war ein kleines unscheinbares altes Häuschen: die erste deutsche Superphosphatfabrik! Ob es jetzt noch existiert, ist dem Verfasser unbekannt; es sollte als ein Denkmal einer sich aus den kleinsten Anfängen entwickelten großartigen Industrie erhalten bleiben, einer Industrie, die, begründet von unserem Landsmann Liebig, von einschneidender Bedeutung für unser Volk geworden ist und sich von segensreicher Wirkung auf die landwirtschaftliche Entwicklung unseres deutschen Vaterlandes erwiesen hat. — Bis zum Jahre 1862 wurden Knochenpräparate und Koprolithenmehle aufgeschlossen, als in

[1]) S. »Der Kunstdünger« von C. Elschner. 1902/03. Bd. I, 1. Kap. Kurzer Abriß der Geschichte der Düngemittel- und der Kunstdünger-Industrie.

diesem Jahre Emil Güssefeld, Hamburg, die Verarbeitung von importiertem Phosphat aufnahm, und zwar war es ein Südseephosphat.

Während in den ersten Jahren die Einstellung der Säure, d. h. die Säuremenge zum Aufschluß und noch mehr der Konzentrationsgrad Schwierigkeiten machten, so wurden dieselben doch schließlich überwunden. Da der von Güssefeld importierte Baker-Guano (d. h. richtiger Baker-Island-Phosphat) teilweise unregelmäßige, teilweise nur eine langsame Wirkung, je nach seiner Zusammensetzung, zeigte, so wurde dies Material von Güssefeld aufgeschlossen, d. h. in Superphosphat verwandelt.

Der »aufgeschlossene Baker-Guano«, der eigentlich also Superphosphat war, schien sich zu bewähren, denn 1863 fingen Ohlendorff & Co., Hamburg, an, zunächst seebeschädigten Guano, dann aber auch vollwertige Ware anfzuschließen.

Das deutsche Kunstdüngergeschäft und besonders die deutsche Superphosphatindustrie schwamm für Jahrzehnte in englischem Fahrwasser; erst Anfang der 70er Jahre machten sie sich von englischer Bevormundung frei. England hat nicht nur sein Feld auf dem Kontinent, was die Superphosphatindustrie betrifft, verloren, sondern die kontinentalen Fabriken produzieren genug, um den Bedarf ihrer Länder zu befriedigen, ja sie sind in die Lage gekommen, sich nach ausländischen Absatzgebieten umzusehen, um die Mehrproduktion ihrer Fabrikate unterzubringen.

Des historischen Interesses wegen möge die Fabrikation des Superphosphats in den ersten Phasen seiner Entwicklung in kurzen Worten mitgeteilt sein, als Vergleich der früheren primitiven Anlagen mit unseren heutigen, mit modernen Maschinen ausgestatteten, hochentwickelten Superphosphatfabriken. Die ersten Fabriken waren wie folgt eingerichtet: Eine oder mehrere flache Gruben, kreisförmig, von ca. $2^1/_2$—3 m Durchmesser und $^3/_4$ m Tiefe, oder viereckig, von 2—$2^1/_2$ m Breite, $3^1/_2$ m Länge und $^3/_4$ m Tiefe, wurden am Boden mit Backsteinen ausgemauert und gut mit Kalk verfugt. Auf dieser Schicht wurde eine Lage Sandsteinplatten oder auch Klinker mit Zement aufgelegt, die Fugen gleichfalls mit Zement verstrichen. Die Seitenwände wurden mindestens einen halben Stein stark aufgemauert, die Fugen auszementiert und dann die Grube mit einem mehrmaligen Anstrich von heißem Teer versehen. Zwischen je zwei Gruben wurde ein gepflasterter Raum von ca. 1 m Breite gelassen.

In diesen Gruben wurde das Mischen des Phosphats (meist Südseeischen) mit der Schwefelsäure ausgeführt. Man wog 700—800 kg Phosphat ab, die in die bereits in der Grube befindliche Schwefelsäure geschaufelt wurden. Die Mischung wurde dann kräftig gerührt und evtl. noch umgeschaufelt, nachdem die heiße Masse trocken geworden war.

Vergleichen wir damit eine moderne Kunstdüngerfabrik mit hohen, luftigen Lager- und Arbeitsräumen, rationellen Mühlenanlagen von großer Leistungsfähigkeit, Anfschließanlagen mit fast automatisch wirkenden

Mischvorrichtungen, mechanisch bewirkter Entleerung der Aufschließkammern, die in gesundheitlicher Beziehung allen Ansprüchen, die man billig stellen kann, insofern genügen, daß die Arbeiter nicht mehr den saueren Fluorgasen ausgesetzt sind, mit den neuen Trockenmaschinen, wie die genial erdachte Krümelmaschine, die eine Trocknung des Superphosphats und ein »Reifwerden« ohne künstliche Wärmezufuhr bewirkt, wohldurchdachte Trockenmischmaschinen usw., so müssen wir sagen, daß das etwa halbe Jahrhundert deutscher Düngerindustrie Bewundernswertes geleistet hat. Dazu kommen die Nebenfabrikationen wie z. B. die des Kieselfluornatriums, eines Produktes, die die sonst lästigen Fluorabgase nutzbringend verwerten läßt, ferner die Herstellung der Schwefelsäure, konzentrierter Pflanzennährsalze u. s. f. — Deutschland konnte, was z. B. für Amerika und andere Länder mit Schwierigkeiten verknüpft ist, die Garantie der wasserlöslichen Form der Phosphorsäure in Superphosphaten und Mischdüngern aufrecht erhalten. Nicht zum Wenigsten ist diese Entwickelung der Verwendung gleichmäßiger Rohmaterialien zuzuschreiben, wie dies z. B. die Florida-Phosphate, und besonders aber die hochprozentigen Südseephosphate sind, die ein gleichartiges Fabrikationsprodukt ermöglichen. Während z. B. in Amerika, England, Frankreich und anderen Ländern die Fabrikation des Superphosphats selbst in größeren Betrieben vielfach oder selbst meistens handwerksmäßig nach Rezepten gehandhabt ist, liegt in Deutschland die Fabrikation fast ausnahmslos in der Hand wissenschaftlich gebildeter Chemiker oder aber in den wenigen Fällen, wo dies nicht der Fall ist, steht dem Betriebleiter, der dann ein sehr tüchtiger Praktiker sein muß, ein technisch und wissenschaftlich gebildeter Chemiker zur Seite. Heutzutage sind die deutschen Düngerfabriken die besteingerichteten und bestgeleiteten.

Die Gesamtmenge der im Handel befindlichen Rohphosphats, hochprozentig und niedrigprozentig, beträgt ungefähr 5 Millionen Tonnen, davon liefern die beiden kleinen Inselchen Nauru und Angaur (beide dem Bezirksamt Ponape zugehörend) allein etwa ca. 200000 Tons oder mehr und zwar in einer Qualität, wie sie bisher noch nicht übertroffen worden ist und möglicherweise auch nicht übertroffen werden kann.

Von europäischen Ländern nimmt Deutschland zweifellos den größeren Teil der hochgrädigen Südseephosphate in seine Superphosphatfabriken auf; neben englischen und französischen Geldern ist viel deutsches Kapital auf den südseeischen Phosphatinseln investiert. Deutsche Schiffahrtsgesellschaften schicken ihre Dampfer zum Beladen nach Ocean-Island, Nauru und Angaur und die schwarz-weiß-rote Flagge ist jetzt häufig in diesem Teil des Stillen Ozeans zu sehen.

Von wirtschaftlicher Bedeutung sind die beiden Inseln Nauru und Angaur noch für unsere Schutzbefohlenen in den Karolinen; die

Kanaker lassen sich gern anwerben und ich kann aus eigener Erfahrung sagen, daß die Erziehung der Karolinen-Eingeborenen zur Arbeit auf den großen Werken von großem zivilisatorischen Wert für unser Schutzgebiet und von außerordentlich günstigem Einfluß auf die eingeborene Bevölkerung ist.

Es ist, ich möchte sagen, Sitte geworden, die chemische Farbenfabrikation und die Herstellung synthetischer Heilmittel anzuführen, wenn man von der großartigen Entwickelung der deutschen chemischen Industrie spricht. Aber wenn man die kurze Geschichte der Superphosphat- und Kunstdünger-Industrie, besonders in den letzten 30 — 40 Jahren überblickt, so glaube ich, daß sie sich ruhig den genannten Zweigen chemischer Technik an die Seite stellen kann, ja, ich möchte noch behaupten, daß sie dieselben an wirtschaftlicher Bedeutung bei weitem überragt, wenn auch ein großer Teil des deutschen Volkes keine rechte Ahnung davon hat, welche gewaltigen Werte die Produkte der deutschen Düngerindustrie eines einzigen Jahres repräsentieren und, nochmehr, welche ins Unberechenbare gehende Steigerung des Geldeswertes unserer landwirtschaftlichen Produkte durch die Anwendung der Erzeugnisse der deutschen Kunstdüngerindustrie erzielt wird.



Berichtigung:

Tafel I: Bildung eines Atolls.

Text muß heißen:

Dieses Blatt würde etwa dem älteren Teile Naurus (der Buada oder Lagune mit den sie umfassenden Höhenzügen) oder aber dem Atollring Ocean-Island vor der Hebung entsprechen.

Nachträge.

S. 9: Bemerkung: Der Bericht entstammt einem Briefe des Inspektors der Anglo-Continentalen (vorm. Ohlendorffschen) Guanowerke.

S. 13: 5. Zeile: lies »1400« statt »1200«.
16. Zeile: hinter »anderen« ist einzufügen: »meist ausländischen«.

S. 14: hinter: »125 m« ist einzufügen: »und darüber«.
hinter Absatz 3 (nach »Deutsche«) füge ein: Es werden 40—50 Weiße und 650—900 Farbige dort beschäftigt.

S. 19: Fußnote 2): statt »$Fe O_3$« muß heißen: »$Fe_2 O_3$«.

S. 20: 5. Zeile: hinter »Inseln« ist einzufügen: »sowie während der großen Katastrophe des Krakatoa in den 80er Jahren.«

S. 22: 8. Zeile ist beizufügen: S. Karten von Nauru, ferner Bild 1a, 1b, IIa, IIb, IIIa, IIIb, Tafel IIIa und IIIb. — Tafel IIIa und IIIb zeigen den Abfall vom Hochlande Naurus nach der See zu in westlicher resp. östlicher Richtung.

S. 24: 5. Zeile muß heißen: »(siehe Bild No. IIb, IIIa, IIIb)«.

S. 35: 20. Zeile: statt »(s. Bild)« lies »(s. Tafel VII, oben)«.

S. 37: 21. Zeile: das Wort »sie« streichen.

S. 38: 18. Zeile: statt: »zu Tage treten« lies »unter dem Meeresspiegel in den Ocean einmünden.«
21. Zeile beifügen: (Bild IV).

S. 39: 17. Zeile: zwischen »eine« und »reine« ist einzufügen: »gehobene«.

S. 40: 24. Zeile lies: »und auf dem Grunde.«

S. 47: 3. Zeile ist anzufügen: (s. Tafel VIII, l, m, n, Bild VI).
10. Zeile: lies »ammoniakalische«.
24. Zeile: lies »Damaraland-Guano«.

S. 49: 6. Zeile muß in ( ) heißen: »(Vergl. übrigens Tafel 8a.)«
15. Zeile: lies »Ammoniumoxalat«.

S. 50: 2. Zeile: hinter »Kruste« ist beizufügen: »(Tafel VIII l, m, n, Bild VI.)

S. 54: nach der Analyse No. 7: Der etwas höhere Eisenoxyd- und Tonerde-Gehalt ist vermutlich durch die Vegetation aus den unteren in die oberen Schichten transportiert worden.
Nach dem nächsten Absatz ist einzufügen: (S. Tafel VIII h, i, k, Tafel IX).

S. 54: Der Fußnote ist beizufügen: Der äußerlich etwas ähnliche Staffelit hat meist kristallinisch-faserige Struktur und eine verschiedene Zusammensetzung als der Nauruit. S. auch den Dünnschliff Tafel IX a.

S. 55: An die letzte Textzeile ist anzuschließen: Eine Analyse des Nauruit ergab auf Trockensubstanz 84 % Tricalciumphosphat, 4 % Calciumcarbonat und fast 5 % chem. geb. Wasser und Organisches. In den stark imprägnierten (aufgefüllten) Phosphaten ist also an Stelle des Gehalts von kohlensaurem Kalk fast vollständig der Nauruit getreten. Wenn nun einem solchen Phosphat, welches also, durch die Entfernung des $CaCO_3$ und Ersatz desselben durch das phosphatische Imprägnierungsmittel — sagen wir — 89 % $Ca_3P_2O_8$ enthalten würde, noch mehr von dem 84prozentigen Nauruit beigemischt würde, so sinkt natürlich, bei einer solchen Ueberimprägnierung, der $Ca_3P_2O_8$-Gehalt entsprechend.

S. 65: Letzte Zeile der zweiten Fußnote muß es heißen: »Carbonate of Lime . . . «

S. 90: Fußnote: Es heißt »Niederkalifornien« und »$Ca_3P_2O_8$«.

S. 91: Nach dem ersten Absatz ist beizufügen: Solche Guanos (mit etwa 6—10 % Stickstoff und 10—20 % Phosphorsäure) sind natürlich wertvoller als ein Phosphat.

S. 94: Fußnote: Am Schlusse: Analytiker unbekannt.

S. 99: Fußnote, 3. Zeile von unten: »Lumineszens« anstatt »Lumineszens.«

S. 117: 14. Zeile von unten; nach »ungefähr 5 Millionen Tonnen« muß beigefügt werden: »pro Jahr«.

Tafel I. Berichtigung s. S. 118.

Tafel III. Ueberschrift; »Nauru, Flachland und Riff« fehlt.

Tafel XIII und XIV. Bemerkung: Die Depressionslinie auf Tafel XIII entspricht der III. Terasse auf Tafel XIV. Von der »Depression« bis zu dem Steilabfall steigt das Terrain wieder (in der Verlängerung der punktierten Linie auf Tafel XIII). Die Skizze auf Tafel XIV ist nach einem Plan der Deutschen Südseephosphat-Akt.-Ges. angefertigt.

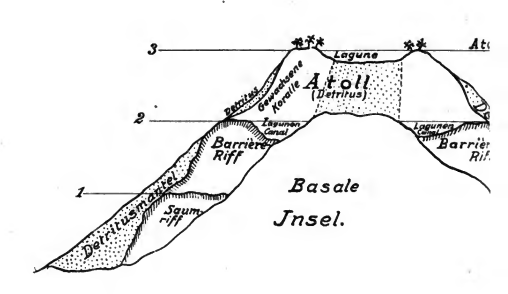
Anhang.



RHEINISCHE MASCHINENFABRIK
R. M. NEUSS
Zerkleinerungs-Maschinen
für die Phosphat-Industrie.
Backenbrecher D. R. P.
Katalog 1912 kostenlos.
Katalog 1912 kostenlos.
Mörsermühle D. R. P.
Einrichtung vollständiger
Phosphat-Mahlanlagen und
Aufschließ-Anlagen
mit mechanischer Kammerentleerung.
NEUSS AM RHEIN

Druck von Max Schmidt, Lübeck.

Tafel I.



Beim Sinken der die Basis bildenden Erhebung b
Mit weiterem Sinken der Jnsel, die sich du
besonders nach der Oceanseite charakt
Jnsel ein Riffring gebildet, der zwischen
der Spitze aus dem Wasser herausra
der an verschiedenen Stellen durchbr
dem Untertauchen entsteht schliessli

3

Bildung eines Atolls.

(nach Darwin-Dana)

larrière Riff 2

Saum-Riff 1

Saum-riff

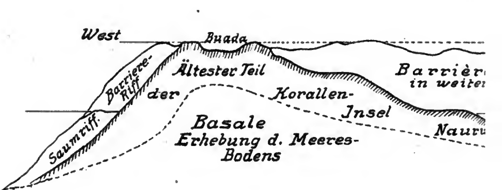
Korallenkalk / Trümmermantel

Dieses Blatt würde etwa dem älteren Teile Nauru's (der Buada mit angrenzenden Höhenzügen) Ocean Syld vor der Hebung entsprechen.

1 setzt sich zunächst ein Saumriff an.
weiteres Anwachsen der Korallen
·rt, hat sich bei 2 rings um die
und der Insel (die nur noch mit
inen Lagunenkanal einschliesst,
ı sein kann. Mit fortschreiten-
) ein Atoll.

Tafel II.

Nauru.



Ost

iff
ntwicklung

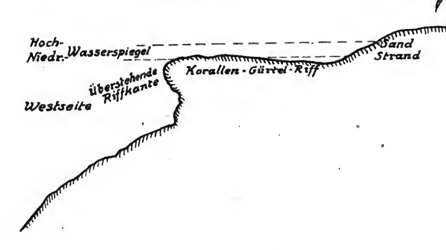
Barrière-Riff

Saumriff

Skizze zu einer Erklärung der Bildung der die Naurulagune excentr. umgebenden Rifflinien. (Hügelketten)

(NB. Die Lagunen u. Kanäle sind vergleichsweise viel zu tief gezeichnet. Auf irgend welche Genauigkeit in den Abmessungen macht diese Skizze keinen Anspruch.)

Tafel III a
[entspr. Bild II a]



Tafel III b
entspr. Bild II b, III u. IV.

Vermutlich ehemals massiv. Korallenfels

Felsgürtel rings um das Hochland

Vereinzelte Tümpel u. Teiche

[mit Cocospalmen bewachsen]

Sandstrand und Ri

mit sich daraus erhebenden Dolomitfelsen [äll

it Cocospalmen bewachsener
ürtel rings um die Insel.

Fels-Gürtel
rings um das Hochland

Vereinzelte Tümpel u. Teiche
Schlamm

Diese Vertiefungen erstrecken sich
fast ganz um die Insel.

Vorherrschende Wind- u. Strömungsrichtung:
von Ost nach West.

Ostseite.

Hoch-
Niedr.-
Wasserspiegel

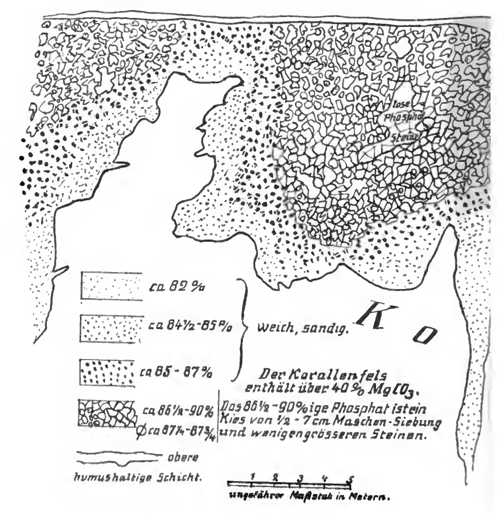
vermull. junge
Koralle

Überstehende
Riffkante.

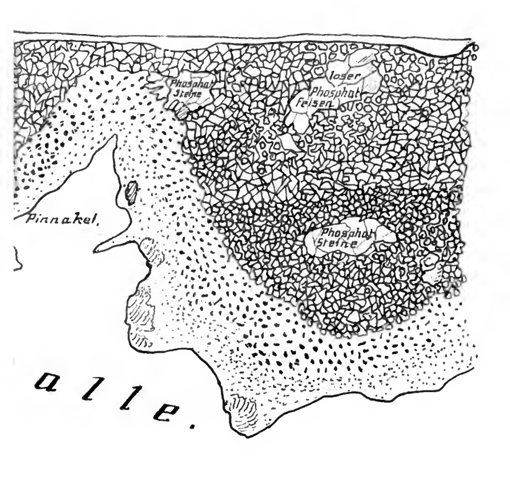
alle] und Phosphatconglomeraten.

Tafel

Nauru

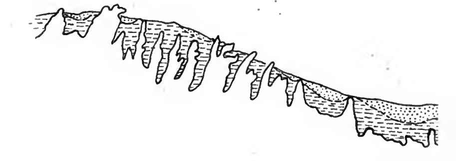


lose Phosphat Steine
ca 82 %
ca 84½-85 %
ca 85 - 87 %
ca 86½-90 %
Ø ca 87¼-87¾
Weich, sandig.
K O
Der Korallenfels enthält über 40 % MgCO₃.
Das 86½-90%ige Phosphat ist ein Kies von ½ - 7 cm Maschen-Siebung und wenigen grösseren Steinen.
obere humushaltige Schicht.
1 2 3 4 5
ungefährer Maßstab in Metern.

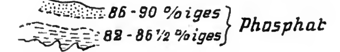


Schema eines Schnitts
durch ein Stück Phosphat-Land
auf Nauru.

Nauru.

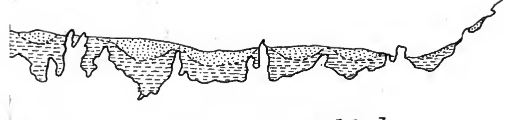


DOLOMITISIRTE   K



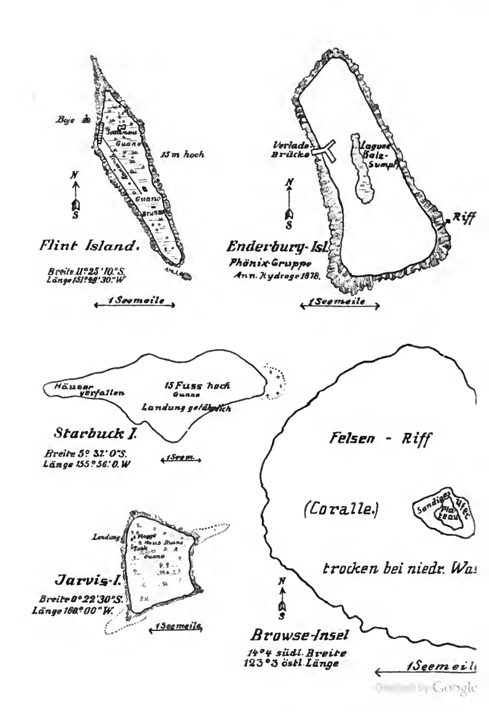
'el VI.

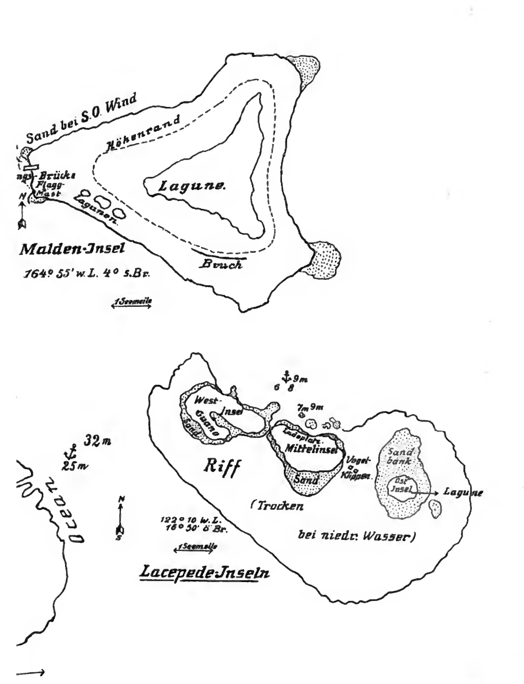
Querschnitt durch ein Phosphatfeld.

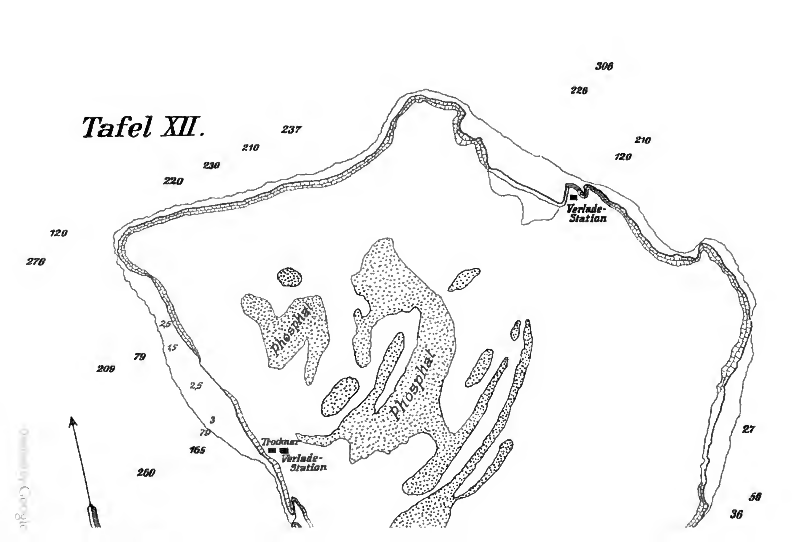


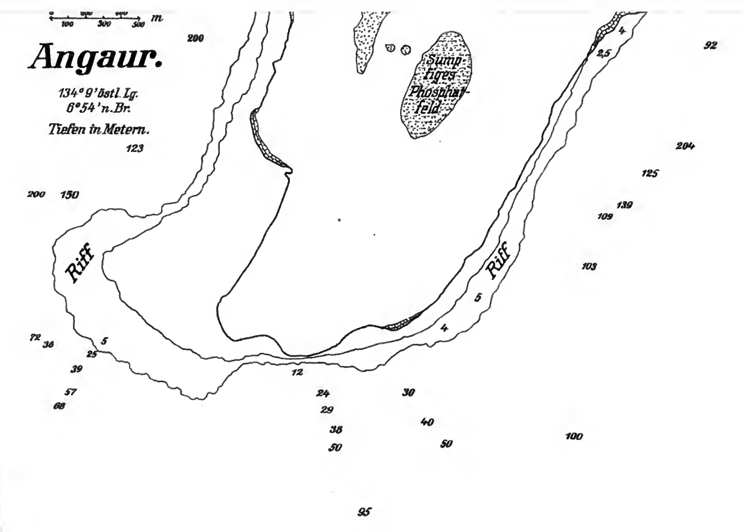
ALLE [40 - 45 % $MgCO_3$]

Tafel X

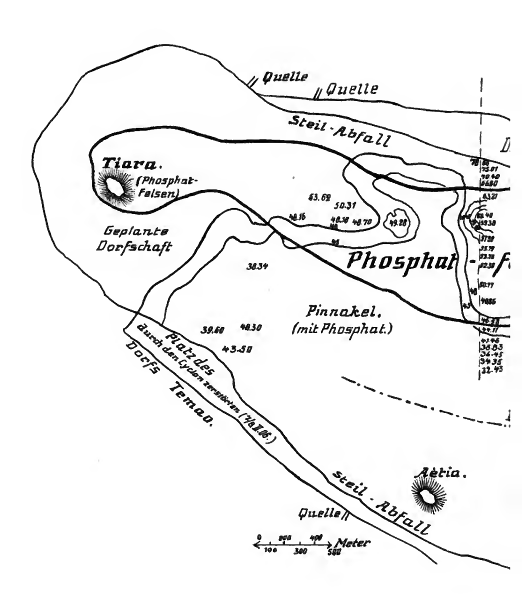

Boje
Guano
15 m hoch
N
S
Guano
Flint Island.
Breite 11°25'10."S.
1 Seemeile
Verlade-Brücke
Lagune Salz-Sumpf
N
S
Riff
Enderbury-Isl.
Phönix-Gruppe
Ann. Hydrogr. 1878.
1 Seemeile
Häuser verfallen
15 Fuss hoch
Guano
Starbuck I.
Breite 5° 32' 0"S.
Länge 155° 56' 0. W
1 Seem.
Felsen - Riff
(Coralle.)
trocken bei niedr. Was
Jarvis-I.
Breite 0° 22'30"S.
Länge 160° 00" W.
1 Seemeile
N
S
Browse-Insel
14°4 südl. Breite
123°3 östl. Länge
1 Seemeil


Sand bei S.O. Wind
Höhenrand
Brücke
Flagg-Mast
Lagune.
Lagunen.
Malden-Insel
164° 55' w.L. 4° s.Br.
Bruch
1 Seemeile
West-Insel
Guano
Sand
9m
6 8
7m 9m
32m
25m
Ladeplatz
Mittelinsel
Vogel-Klippen
Sand
Sandbank
Ost Insel
Lagune
Riff
(Trocken
bei niedr. Wasser)
Ocean
122° 10 w.L.
16° 30' s.Br.
1 Seemeile
Lacepede-Inseln


Tafel XII.
237
210
230
220
120
278
306
226
210
120
Verlade-
Station
Phosphat
Phosphat
2,5
4,5
79
209
2,5
3
79
165
260
Trockner
Verlade-
Station
27
58
36

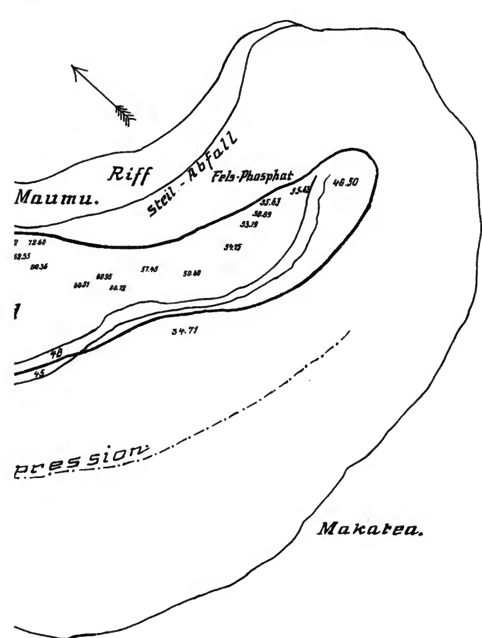

Angaur.
134° 9' östl. Lg.
6° 54' n. Br.
Tiefen in Metern.
100 300 500 m
Sumpfiges Phosphatfeld
Riff
Riff

Tafel



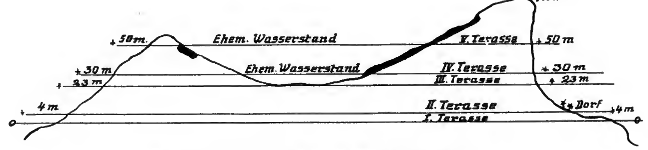
Quelle
Quelle
Steil-Abfall
Tiara.
(Phosphat-Felsen)
Geplante Dorfschaft
43.62
50.31
48.16
49.28
38.34
Phosphat-
Pinnakel.
(mit Phosphat.)
39.60
48.30
43.50
Platz des
durch den Cyclon zerstörten
Dorfs
Temao.
Steil-Abfall
Aètia.
Quelle
Meter

VIII


Riff
Steil-Abfall
Fels-Phosphat
Maumu.
46.50
35.63
72.60
57.45
50.60
34.71
48
45
pression
Makatea.

Tafel XIV.

Makatea



Phosphatisirung der oberen Schichten des gehobenen Atolls Makatea.

Maßstab der Horizontale 1:25000
" " Verticale 1:2000.

